

LUÍS FERNANDO CORDEIRO

**É SIGNIFICATIVA A APRENDIZAGEM ESCOLAR DO CONCEITO
FÍSICO DE ACELERAÇÃO NO PRIMEIRO ANO
DO ENSINO MÉDIO?**

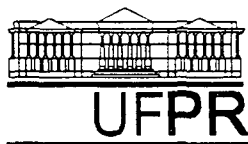
Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, pelo Curso de Pós-Graduação em Educação, Setor de Educação da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: José Alberto Pedra

Co-orientadora: Tania Stoltz

CURITIBA

2003



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

PARECER

Defesa de Dissertação de **LUÍS FERNANDO CORDEIRO** para obtenção do Título de MESTRE EM EDUCAÇÃO.

Os abaixo-assinados, DR. JOSÉ ALBERTO PEDRA; DR. MARCO ANTÔNIO MOREIRA; DR^a SANDRA REGINA KIRCHNER GUIMARÃES argüiram, nesta data, o candidato acima citado, o qual apresentou a seguinte Dissertação: **“É SIGNIFICATIVA A APRENDIZAGEM ESCOLAR DO CONCEITO FÍSICO DE ACELERAÇÃO NO PRIMEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO?”**

Procedida a argüição, segundo o Protocolo, aprovado pelo Colegiado, a Banca é de Parecer que o candidato está apto ao Título de MESTRE EM EDUCAÇÃO, tendo merecido as apreciações abaixo:

PROFESSORES:

Apreciação


DR. JOSÉ ALBERTO PEDRA (Presidente)

aprovado


DR. MARCO ANTÔNIO MOREIRA (Membro Titular)

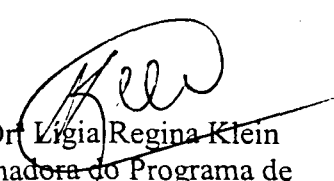
aprovado


DR^a SANDRA REGINA KIRCHNER GUIMARÃES (Membro Titular)

aprovado



Curitiba, 26 de agosto de 2003


Prof^a Dr^a Lígia Regina Klein
Coordenadora do Programa de
Pós-Graduação em Educação

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos fazem parte dos bons costumes das dissertações. Porém, se essa prática não existisse, talvez eles fossem a grande inovação de meu trabalho, pois não deixaria de agradecer a algumas pessoas que são especiais para mim.

Meu orientador, Prof. José Alberto Pedra, deu-me liberdade para escolher tema e metodologia. No bom sentido da palavra, “brigou” por mim, defendendo minhas posições. Mais do que isso, acredito que ele tenha me dado “asas” e, após ter me levado para o alto de um morro, deu-me um “empurrãozinho” e falou: voe, mas, se cair... voe novamente! Lembro-me de que um dia ele me disse com certa firmeza: “Defenda-se”. Foi de grande valia. Adquiri independência.

Minha co-orientadora, Prof^a Tania Stoltz, foi uma espécie de “GPS” que corrigia meus desvios de rota. Confesso que em certos instantes agi como menino e caprichava em meus textos esperando receber o “muito bem!” ou o “parabéns!!” que ela escrevia no alto da primeira página.

Todos de minha família (Rosana, Eduardo e Ivan) foram grandes incentivadores, além de suportarem minhas “rabugices”. Peço desculpas, em especial aos meus filhos. Sei que ainda estão em idade em que precisam de um pai, mas, infelizmente, não sei até que ponto consegui conciliar o Mestrado e a paternidade. Esse é meu primeiro e principal “Mea Culpa”. Os outros virão nas próximas páginas. Devo à minha esposa um agradecimento especial, pois assumiu uma série de afazeres, antes sob minha responsabilidade, permitindo assim que eu me dedicasse com mais tempo para a dissertação. Eu reconheço!

Os professores da minha linha de pesquisa (Aracy Asinelli, Maria Augusta Bolsanello, Paulo Ross, Sandra Guimarães, e Verônica Branco) deram as “dicas” necessárias para eu me tornar um aprendiz de pesquisador. Porém, o que mais me chamou a atenção foi a maneira como eles se dirigiam a mim e a minhas colegas de turma. Nunca foram ríspidos ou desdenharam nossas faltas de conhecimentos. Pelo contrário, com muita educação e simpatia, corrigiam-nos e apontavam caminhos. Apesar de não terem idade para serem meus pais, a eles um abraço carinhoso de “filho acadêmico”.

Minhas colegas de turma (Cristiane, Jandi, Margarete, Marilza, Rosane e Tatiane) também foram muito importantes. Em nossas relações, sempre imperaram o coleguismo, a simpatia, a troca de textos, os pastéis e as cervejas.

Por ocasião da minha qualificação, participaram da banca os professores Daniel Lottis e Sandra Guimarães. Fiquei impressionado com a forma atenta com que leram e contribuíram com meu trabalho. Sou muito grato pelas pertinentes sugestões.

Tenho de agradecer também ao Alexandre Medeiros e sua simpática esposa Cleide (digo apenas “simpática” sem acrescentar “bonita”, pois, levando em consideração o sangue nordestino de seu marido, prefiro me abster de riscos). Esses dois amigos, por e-mail, telefone e alguns encontros em congressos e simpósios, deram-me sugestões e incentivo e, acima de tudo, com suas posturas pessoais, deram-me um modelo de ser humano e de pesquisador.

O amigo Emerson Furtado, matemático e estatístico, gastou seu tempo comigo, ajudando-me a fazer a Correlação de Pearson que usei para sustentar o item principal de minhas conclusões. Valeu “velhinho”!

Ainda estou incrédulo e emocionado com a simpatia e atenção da Profª Elcie Masini e do Prof. Marco Antônio Moreira. Mesmo sem me conhecerem, mesmo sem terem referências minhas, abriram as portas de suas salas, receberam-me como a um velho amigo, leram meu trabalho e deram preciosas sugestões. Serei eternamente grato.

Com tantas pessoas capazes e renomadas lendo e opinando em meu trabalho, imagino que possa criar uma expectativa de qualidade e isenção de erros. Porém, reconheço-me como teimoso e, por isso, assumo a culpa de toda e qualquer “besteira” que possa estar escrita nestas páginas. Mas, se esta pesquisa alcançar algum reconhecimento, divido-o com todos os acima citados.

Tenho um agradecimento final, em parte estranho, mas que não posso deixar de fazê-lo. Quero agradecer a uma estrela. Sim: uma estrela. Bem, vou lhes contar uma estória. Há muitos e muitos anos, uma doce vovó, chamada Leontina, ensinou seu netinho – eu – a localizar o Cruzeiro do Sul e as Três Marias. Essa foi a única lição de Astronomia que tive por trinta e oito anos. Além dessas estrelas, eu conseguia identificar apenas mais uma: o Sol. Sempre que olhava para o céu, batia

uma vontade de reconhecer qual pontinho luminoso era planeta, qual era estrela. Era maior ainda o desejo de identificar as constelações, porém nunca consegui tempo para esse saboroso estudo. Certa noite, aliás, madrugada, lá na minha casinha da chácara, brigando com o texto desta dissertação e com os caminhos a serem seguidos, resolvi dar um tempo. Peguei uma carta celeste e fui para um lugar mais alto e aberto fazer uma observação do céu. A primeira estrela que aprendi a encontrar foi ela: a Estrela Sírius, a mais brilhante do céu. Sei que vai parecer piegas, mas... fiquei tomado de uma nova emoção! Revigoradas minhas forças, voltei para o computador e dei passos importantes para encontrar os caminhos desta pesquisa.

Em algumas defesas a que assisti, vi mestrandos entregando cópias de suas dissertações para pessoas que lhes são especiais. Farei isso para duas pessoas: meus filhos. Ao Eduardo, entregarei uma cópia como uma forma de incentivo para que ele mantenha, e quem sabe amplie, seus interesses pelo estudo e pela leitura. Aos dezoito anos, ele começa sua vida adulta e, rumo à independência, levará consigo as únicas heranças que lhe posso oferecer: o amor e a instrução. Ao Ivan, meu filho especial, no significado clínico que esse significante assumiu, pois no significado afetivo ambos são especiais, entregarei uma cópia como forma de agradecimento. A maior parte das páginas que seguem escrevi com ele sentado ao meu lado, ouvindo músicas “pop”, “rock”, “funk”, “samba” e “forró”. Foi um grande aprendizado para mim. Hoje, nem mesmo o batuque da Marquês de Sapucaí desviaria minha atenção de um texto. Já as mulatas...

Mas, antes que estes agradecimentos se tornem longos demais, paro por aqui e dedico este trabalho à minha irmã, Flávia, convidando-a a experimentar os diferentes sabores de se escrever uma dissertação de Mestrado.

RESUMO

Este trabalho objetiva, em primeiro lugar, verificar se a aprendizagem do conceito físico de aceleração, no primeiro ano do ensino médio, é significativa. Esse conceito é importante para o ensino de Física, pois ancora a compreensão de diversos outros temas. O segundo objetivo é construir um instrumento de avaliação que possa ser usado por educadores, de modo que eles tanto detectem se o educando possui os conhecimentos prévios que dão suporte à aprendizagem do conceito de aceleração quanto avaliem sua aprendizagem após a instrução escolar. Para este estudo, diferentemente de outros pesquisadores citados em minhas referências bibliográficas, usei como referencial a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Elegi, como sujeitos desta pesquisa, uma turma de uma escola pública, cujo professor de Física era licenciado nessa disciplina há mais de dez anos, acompanhei as aulas sobre aceleração e apliquei dois questionários: o primeiro para averiguar, entre vários aspectos, se os alunos pesquisados possuíam os conhecimentos de velocidade, necessários para ancorar a aprendizagem do conceito científico de aceleração; e o segundo para averiguar se a aprendizagem do conceito de aceleração foi significativa. O segundo questionário também pode ser aplicado antes da instrução sobre aceleração, para detectar os conhecimentos prévios a respeito desse tema. O resultado da pesquisa indica que a aprendizagem não se mostrou do tipo “é ou não é” significativa. Os dados obtidos sugerem que a quantidade e o tipo de conceitos espontâneos que os alunos apresentaram podem possuir relação com o desempenho e, conseqüentemente, com a aprendizagem. Usando essa quantidade de conceitos alternativos como critério para agrupar os alunos segundo suas aprendizagens, identifiquei quatro níveis, da aprendizagem mais para a menos significativa. Porém, como no cotidiano o termo “aceleração” é usado com significados nem sempre iguais aos adotados pela ciência, é possível que esses conhecimentos, que resultam das relações do dia-a-dia, possam influenciar positiva ou negativamente na aprendizagem escolar. Após toda a análise feita, percebo que os resultados apontam para aquilo que intitulei de “convivência conceitual”, ou seja, o educando deve aprender a conviver com os conceitos científico e cotidiano, usando-os adequadamente de acordo com o contexto. Os resultados também sugerem que o instrumento de pesquisa foi adequado ao seu fim, que é possibilitar ao professor que o utilize, ter noções da estrutura cognitiva de seus alunos sobre o conceito físico de aceleração.

Palavras chaves: aceleração, aprendizagem significativa, conceitos espontâneos, David P. Ausubel, ensino de física.

ABSTRACT

The first aim of this thesis is to verify if learning of the concept of acceleration of Physics is significant among high school first graders. This concept is important for teaching of Physics, as it is the anchoring factor of understanding of many other themes. The second aim is to construct a simple assessment instrument that can be used by educators so that they can perceive if the learner has previous knowledge that supports learning of the acceleration concept as well as evaluate its learning after school teaching. Differently from the researchers mentioned in the bibliographical references, for this study it was used as referential David Ausubel's Theory of Meaningful Learning. I chose as subjects of this research a class of a public school whose teacher majored in Physics teaching more than ten years ago. I have attended the classes on acceleration and submitted two questionnaires: the first to verify, among other aspects, if the students, the research subjects, had the knowledge of velocity required to anchor learning of the scientific concept of acceleration, and the second one, to verify if learning of the acceleration concept was significant. It was also possible to submit the second one before the classes on acceleration occurred, in order to observe the previous knowledge of the theme. The research result indicates that learning did not demonstrate to be of the type "is or is not" significant. Gathered data suggest that the quantity and type of spontaneous concepts presented by the students can be related with performance and, consequently, with learning. Using this quantity of alternative concepts as a criterion to group the students according to their learning, four levels were identified from the most to the less significant learning. However as in daily life the word acceleration is employed with meanings not always the same as used in science, it is possible that this knowledge that results from everyday life can influence school learning positive or negatively. After the complete analysis was accomplished, the results point to what I called "conceptual coexistence", that is, the learner must learn how to live with the daily and scientific concepts using them adequately according to the context. The results also suggest that the research instrument was suitable for its purpose by making it possible for teachers who use it to have notions of their students' cognitive structure about the acceleration concept of Physics.

Key words: acceleration, meaningful learning, spontaneous concepts, David P. Ausubel, teaching of Physics.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE TABELAS	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 LAMÚRIAS DE UM PROFESSOR DE FÍSICA.....	1
1.2 FÍSICA: UM ELEMENTO DA CULTURA.....	2
1.3 “NA BEIRA DO CAMINHO TINHA UMA PEDRA, TINHA UMA PEDRA NA BEIRA DO CAMINHO”. AGORA ELA ESTÁ BEM NO MEIO DO CAMINHO.....	5
1.4 É SIGNIFICATIVA A APRENDIZAGEM ESCOLAR DO CONCEITO FÍSICO DE ACELERAÇÃO NO PRIMEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO?	6
1.5 POR QUE O TEMA ESCOLHIDO FOI ACELERAÇÃO?.....	6
1.5.1 Aceleração no Cotidiano	8
1.5.2 Para a Ciência, Acelerar não é Simplesmente “ <i>pé na tábua</i> ”	10
1.5.3 Aceleração e os Conceitos Espontâneos.....	11
1.6 OS FUNDAMENTOS DESTA PESQUISA	15
2 A TEORIA DE DAVID AUSUBEL: O PRIMEIRO AMOR A GENTE NUNCA ESQUECE.....	17
2.1 TÁBULA RASA? NEM PENSAR!	18
2.2 A ORIGEM DOS SUBSUNÇORES: FORMAÇÃO E ASSIMILAÇÃO DE CONCEITOS.....	20
2.3 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	22
2.4 AS REGRAS DO JOGO	23
2.5 “DETERMINE ISSO”: AVALIANDO A ESTRUTURA COGNITIVA	24
2.6 ORGANIZADORES PRÉVIOS	25
2.7 APRENDIZAGEM MECÂNICA	26
2.8 SUBSUNÇORES: ALGUMAS VEZES “ANCORADOUROS”, OUTRAS... “ATRAPALHADOUROS”.....	27
2.8.1 Conceitos Intuitivos e Aprendizagem Mecânica.....	28
2.8.2 Para Não Dizerem Que Eu Não Falei Das Flores	30

2.9 APRENDIZAGEM TOTALIZANTE	31
3 METODOLOGIA DE PESQUISA: UMA BUSCA “AUSUBELIANA”	32
3.1 CAMPO DE ESTUDO	32
3.2 A “TURMA X”: A PRIMEIRA IMPRESSÃO É A QUE FICA?	33
3.3 A METAMORFOSE	36
3.4 O PROFESSOR: AFETIVO E SIMPÁTICO	41
4 AVERIGUANDO AS CONDIÇÕES PARA QUE A APRENDIZAGEM SEJA SIGNIFICATIVA	45
4.1 O MATERIAL DE APRENDIZAGEM É POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO?	45
4.1.1 Como o Professor Tratou o Tema Aceleração	48
4.1.2 A Lista de Exercícios	54
4.1.3 As Aulas de Laboratório	56
4.1.4 O Material é Potencialmente Significativo	57
4.2 O ALUNO ESTÁ DISPOSTO A APRENDER DE FORMA SIGNIFICATIVA?	57
4.2.1 Resultados	58
4.2.2 Discussão das Tabelas	60
4.2.3 Mea Culpa — Parte I. Dedicada aos Pesquisadores, Estatísticos e Linguistas	63
4.3 O ALUNO POSSUI OS SUBSUNÇORES PARA COMPREENDER O CONCEITO DE ACELERAÇÃO?	63
4.3.1 O que Significa cada Termo da Equação $v_m = \Delta s / \Delta t$?	64
4.3.2 O que Significa uma Velocidade de 100 km/h?	65
4.3.3 Uma Velocidade de 30 km/h Pode Ser Considerada Alta ou Baixa?	65
4.3.4 Uma Velocidade de 30 km/s Pode Ser Considerada Alta ou Baixa?	66
4.3.5 Uma Velocidade de 30 m/s Pode Ser Considerada Alta ou Baixa?	67
4.3.6 Analisando os Resultados das Questões que Avaliaram a Aprendizagem do Conceito de Velocidade.	69
4.4 AS AVALIAÇÕES APLICADAS PELO PROFESSOR	69
5 ACELERAÇÃO: DO ESTADO DA ARTE À ARTE DO ESTADO	71
5.1 A PESQUISA DE PIAGET	72
5.2 A PESQUISA DE LABURU	73
5.3 A PESQUISA DE CARVALHO	75

5.4 A PESQUISA DE TROWBRIDGE E MCDERMOTT	76
6 REINVENTANDO A RODA: UMA NOVA MANEIRA DE DESVELAR O DESVELADO	78
6.1 IDENTIFICANDO A PRESENÇA DA GRANDEZA ACELERAÇÃO	81
6.1.1 Mea Culpa — Parte II. Dedicada aos Matemáticos, Físicos, Filósofos, Meticulosos e Chatos!	88
6.1.2 Conceitos Espontâneos Apresentados na Questão 16	88
6.2 O QUE VEM À SUA CABEÇA QUANDO OUVES A PALAVRA “ACELERAR”?	89
6.2.1 Aceleração como Variação da Velocidade: Concepção Científica	91
6.2.2 Aceleração Exclusivamente Como Aumento de Velocidade: Concepção Parcialmente Científica	93
6.2.3 Aceleração: Conceito Espontâneo	95
6.2.4 Análise das Tabelas 14, 15, 16 e 17	97
6.3 VARIAÇÕES IGUAIS DE VELOCIDADE IMPLICAM NUMA MESMA ACELERAÇÃO?	98
6.3.1 Como Razão $\Delta v/\Delta t$	100
6.3.2 Aceleração Como Algum Tipo de $f(t)$	101
6.3.3 Aceleração Relacionada com Conceitos Espontâneos	104
6.3.4 Análise das Tabelas 21, 22 e 23	107
6.4 UM MÓVEL COM PEQUENA ACELERAÇÃO PODE ATINGIR UMA GRANDE VELOCIDADE?	108
6.4.1 Aceleração Como Razão de $\Delta v/\Delta t$	110
6.4.2 Aceleração Proporcional à Velocidade ($a = f(v)$)	112
6.4.3 Como a Aceleração é Baixa, Não é Possível Atingir 300 km/h	113
6.4.4 Comparação entre os Resultados das Tabelas 27, 28 e 29	114
6.5 O FATO DE UM CARRO SE MOVIMENTAR IMPLICA EM ACELERAÇÃO? ...	114
6.5.1 Respostas Corretas Acompanhadas de Justificativa Científica	116
6.5.2 Resposta Correta Acompanhada de Justificativa com Conceito Espontâneo ou de Difícil Compreensão	118
6.5.3 Para Ocorrer Movimento é Necessário Aceleração	120
6.5.4 Comparação Entre as Tabelas 33, 34 e 35	122
6.6 QUEDA SIMULTÂNEA DE CORPOS COM MASSAS DIFERENTES	123

6.7 QUAL A INTERPRETAÇÃO QUANTITATIVA QUE ESSES ALUNOS TÊM DO CONCEITO DE ACELERAÇÃO?	126
6.7.1 Respostas Erradas ou Confusas	127
6.7.2 Aceleração Como Aceleração	127
6.8 ANÁLISE GERAL DOS QUESTIONÁRIOS	128
6.8.1 Os Conceitos Não-Científicos Apresentados	129
7 RESPONDENDO À PERGUNTA DA PESQUISA	133
7.1 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS DOS ALUNOS QUE NÃO APRESENTARAM CONCEITOS ESPONTÂNEOS	137
7.2 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS DOS ALUNOS QUE APRESENTARAM UM CONCEITO ESPONTÂNEO	141
7.2.1 O Caso do Mário	145
7.2.2 O Caso do Vicente	147
7.3 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS DOS ALUNOS QUE APRESENTARAM DOIS CONCEITOS ESPONTÂNEOS	149
7.3.1 O Caso da Kathy e o Caso de Melina	152
7.4 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS DOS ALUNOS QUE APRESENTARAM TRÊS CONCEITOS ESPONTÂNEOS	156
7.4.1 Análise das Respostas da Kamila, Geovana e Denise	160
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	169
8.1 A RESPOSTA AUSUBELIANA	170
8.1.1 A Predisposição em Aprender Significativamente	170
8.1.2 O Material de Aprendizagem	172
8.1.3 O que o Aluno já Sabia: o Subsunçor Velocidade	173
8.1.4 Os Quatro Níveis de Aprendizagem do Conceito Físico de Aceleração	175
8.2 OS CONCEITOS ESPONTÂNEOS TAMBÉM SÃO SUBSUNÇORES	177
8.2.1 A Influência do Número e do Tipo de Conceitos Espontâneos Apresentados	177
8.2.2 A Influência dos Aspectos do Conceito Científico de Aceleração que Foram Apreendidos	180
8.2.3 Ordenando os Alunos Através do Percentual de Acertos na Questão 16	183

8.2.4 Mea Culpa — Parte IV: A Influência da Linguagem. Dedicada aos Psicólogos, Lingüistas e Ausubelianos Mais Experientes que Eu	184
8.3 AS IMPLICAÇÕES PEDAGÓGICAS.....	184
8.3.1 A Convivência Conceitual	186
8.3.2 Uma Aula Sobre Aceleração Baseada em Ausubel e na Convivência Conceitual	189
8.3.3 Os Questionários que Apliquei e a Prática de Professor de Física do Ensino Médio.....	195
8.4 FINALIZANDO	196
REFERÊNCIAS.....	197
ANEXOS	203

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - NOME, IDADE E NOTA DOS ALUNOS PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	40
TABELA 2 - MATERIAIS DE ESTUDO UTILIZADOS PELOS ALUNOS.....	46
TABELA 3 - MATERIAIS QUE OS ALUNOS UTILIZAM PARA ESTUDAR PARA AS PROVAS.....	47
TABELA 4 - INTERESSE DOS ALUNOS PELA FÍSICA.....	59
TABELA 5A - PREFERÊNCIA DA “TURMA X” EM RELAÇÃO À FÍSICA E À MATEMÁTICA.....	59
TABELA 5B - PREFERÊNCIA DA “TURMA X” EM RELAÇÃO À FÍSICA E À MATEMÁTICA	60
TABELA 6 - PREFERÊNCIA DE CADA ALUNO POR FÍSICA, MATEMÁTICA E QUÍMICA E GRAU DE PRAZER EM ESTUDAR FÍSICA.....	62
TABELA 7 - UMA VELOCIDADE DE 30 km/s PODE SER CONSIDERADA ALTA OU BAIXA?	66
TABELA 8 - UMA VELOCIDADE DE 30 m/s PODE SER CONSIDERADA ALTA OU BAIXA?	69
TABELA 9 - GRAU DE ESCOLARIDADE DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA DE CARVALHO (1985).....	75
TABELA 10 - COMPARANDO ESTA PESQUISA COM AS DE LABURU, CARVALHO E TROWBRIDGE E MCDERMOTT.....	80
TABELA 11 - RESPOSTAS DADAS PELOS ALUNOS À QUESTÃO 16.....	84
TABELA 12 - NÚMERO DE CONCEPÇÕES ESPONTÂNEAS RELACIONADAS AO CONCEITO FÍSICO DE ACELERAÇÃO, APRESENTADAS NA QUESTÃO 16.....	88
TABELA 13 - O QUE VEM À SUA CABEÇA QUANDO OUVES A PALAVRA “ACELERAR”?	89
TABELA 14 - COMPARAÇÃO ENTRE A CONCEPÇÃO DE ACELERAÇÃO DA QUESTÃO 18 COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16.....	91

TABELA 15 - DESEMPENHO, NA QUESTÃO 16, DOS ALUNOS QUE INTERPRETAM ACELERAÇÃO COMO VARIAÇÃO DE VELOCIDADE	92
TABELA 16 - DESEMPENHO, NA QUESTÃO 16, DOS ALUNOS QUE INTERPRETAM ACELERAÇÃO COMO AUMENTO DE VELOCIDADE	93
TABELA 17 - DESEMPENHO, NA QUESTÃO 16, DOS ALUNOS QUE INTERPRETAM ACELERAÇÃO DE MANEIRA COTIDIANA.....	96
TABELA 18 - RESUMO DAS TABELAS 14 A 17	97
TABELA 19 - VARIAÇÕES IGUAIS DE VELOCIDADE IMPLICAM NUMA MESMA ACELERAÇÃO?.....	99
TABELA 20 - COMPARAÇÃO ENTRE A CONCEPÇÃO DE ACELERAÇÃO DA QUESTÃO 13 COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16.....	100
TABELA 21 - COMPARAÇÃO ENTRE AS RESPOSTAS DOS ALUNOS QUE APRESENTARAM CONCEPÇÃO DE ACELERAÇÃO COMO RAZÃO ($\Delta v/\Delta t$) NA QUESTÃO 13 COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16.....	101
TABELA 22 - DESEMPENHO, NA QUESTÃO 16, DOS ALUNOS QUE POSSUEM CONCEPÇÃO DE ACELERAÇÃO RELACIONADA A ALGUM TIPO DE FUNÇÃO DO TEMPO	103
TABELA 23 - COMPARAÇÃO ENTRE A CONCEPÇÃO DE ACELERAÇÃO DA QUESTÃO 13, DAQUELES QUE APRESENTAM ALGUM CONCEITO ESPONTÂNEO COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16	104
TABELA 24 - RESUMO DAS TABELAS 21, 22 E 23.....	108
TABELA 25 - UM MÓVEL COM PEQUENA ACELERAÇÃO PODE ATINGIR UMA GRANDE VELOCIDADE?.....	109
TABELA 26 - COMPARAÇÃO ENTRE A CONCEPÇÃO DE ACELERAÇÃO DA QUESTÃO 14 COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16.....	110
TABELA 27 - COMPARAÇÃO ENTRE A CONCEPÇÃO DE ACELERAÇÃO COMO RAZÃO $\Delta v/\Delta t$, NA QUESTÃO 14 COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16.....	111

TABELA 28 - COMPARAÇÃO ENTRE A CONCEPÇÃO DE ACELERAÇÃO COMO ALGUM TIPO DE FUNÇÃO DA VELOCIDADE, NA QUESTÃO 14, COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16.....	113
TABELA 29 - COMPARAÇÃO ENTRE A CONCEPÇÃO DE QUE A ACELERAÇÃO É MUITO BAIXA, NA QUESTÃO 14, E QUE POR ISSO NÃO É POSSÍVEL ATINGIR 300 KM/H, COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16	113
TABELA 30 - RESUMO DAS TABELAS 27, 28 E 29.....	114
TABELA 31 - O FATO DE UM CARRO SE MOVIMENTAR IMPLICA EM ACELERAÇÃO?.....	115
TABELA 32 - COMPARAÇÃO ENTRE A CONCEPÇÃO DE ACELERAÇÃO DA QUESTÃO 15 COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16.....	116
TABELA 33 - COMPARAÇÃO ENTRE AS RESPOSTAS CORRETAS ACOMPANHADAS DE JUSTIFICATIVA, CIENTÍFICA NA QUESTÃO 15, COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16.....	117
TABELA 34 - COMPARAÇÃO ENTRE AS RESPOSTAS CORRETAS ACOMPANHADAS DE JUSTIFICATIVA COM ALGUM TIPO DE CONCEITO ESPONTÂNEO OU DE DIFÍCIL COMPREENSÃO, NA QUESTÃO 15, COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16.....	118
TABELA 35 - COMPARAÇÃO ENTRE AS RESPOSTAS DAQUELES QUE AFIRMARAM QUE PARA HAVER MOVIMENTO É NECESSÁRIO ACELERAÇÃO, NA QUESTÃO 15, COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16.....	121
TABELA 36 - RESUMO DAS TABELAS 33, 34, 35 E 36.....	122
TABELA 37 - RESUMO DAS TABELAS 33, 34, 35 E 36 (SIMULADO).....	123
TABELA 38 - RESPOSTAS ARISTOTÉLICAS SOBRE QUEDAS DOS CORPOS..	125
TABELA 39 - ANÁLISE GERAL DAS RESPOSTAS DADAS AO QUESTIONÁRIO II	131
TABELA 40 - NÚMERO DE CONCEITOS ESPONTÂNEOS APRESENTADOS.....	133

TABELA 41 - RELAÇÃO ENTRE NÚMERO DE CONCEITOS ESPONTÂNEOS APRESENTADOS, PRAZER EM ESTUDAR FÍSICA, SUBSUNÇORES E RESPOSTAS ÀS PERGUNTAS 16 E 17 DO QUESTIONÁRIO II.....	135
TABELA 42 - CORRELAÇÃO DE PEARSON PARA AS VARIÁVEIS DA TABELA 41.....	136
TABELA 43 - RESPOSTAS DOS ALUNOS QUE NÃO APRESENTARAM CONCEITOS ESPONTÂNEOS NAS QUESTÕES 18 E 19.	138
TABELA 44 - RELAÇÃO ENTRE PRAZER EM ESTUDAR FÍSICA E SUBSUNÇORES DOS ALUNOS QUE NÃO APRESENTARAM CONCEITOS ESPONTÂNEOS.....	140
TABELA 45 - RELAÇÃO ENTRE PRAZER EM ESTUDAR FÍSICA E SUBSUNÇORES PARA ALUNOS QUE APRESENTARAM 1 (UM) CONCEITO ESPONTÂNEO.	142
TABELA 46 - RESPOSTAS ESPONTÂNEAS DOS ALUNOS QUE APRESENTARAM UM CONCEITO ESPONTÂNEO.....	143
TABELA 47 - RELAÇÃO ENTRE PRAZER EM ESTUDAR FÍSICA E SUBSUNÇORES DOS ALUNOS QUE APRESENTARAM DOIS CONCEITOS ESPONTÂNEOS.....	149
TABELA 48 - RESPOSTAS ESPONTÂNEAS DOS ALUNOS QUE APRESENTARAM DOIS CONCEITOS ESPONTÂNEOS.....	151
TABELA 49 - COMPARAÇÃO DAS RESPOSTAS DAS ALUNAS MELINA E KATHY À QUESTÃO 16	153
TABELA 50 - RESPOSTAS DAS ALUNAS MELINA E KATHY ÀS QUESTÕES 13, 14, 15 E 18.....	154
TABELA 51 - RELAÇÃO ENTRE PRAZER EM ESTUDAR FÍSICA E SUBSUNÇORES DOS ALUNOS QUE APRESENTARAM TRÊS CONCEITOS ESPONTÂNEOS.....	157
TABELA 52 - RESPOSTAS ESPONTÂNEAS DOS ALUNOS QUE APRESENTARAM TRÊS CONCEITOS ESPONTÂNEOS.....	158
TABELA 53 - COMPARAÇÃO DAS RESPOSTAS DAS ALUNAS KAMILA, GEOVANA E DENISE ÀS QUESTÕES 13, 14, 15 E 18.	160

TABELA 54 - COMPARAÇÃO DAS RESPOSTAS DAS ALUNAS KAMILA, GEOVANA E DENISE À QUESTÃO 16	161
TABELA 55 - TABELA 41, REORDENADA PELO GRAU DE PRAZER EM ESTUDAR FÍSICA.....	171
TABELA 56 - TABELA 41, REORDENADA PELO SUBSUNÇOR VELOCIDADE ...	174
TABELA 57 - RELAÇÃO ENTRE CONCEITOS ESPONTÂNEOS E PRAZER EM ESTUDAR FÍSICA.....	176
TABELA 58 - RELAÇÃO ENTRE CONCEITOS ESPONTÂNEOS, SUBSUNÇORES E DESEMPENHO	176
TABELA 59 - RELAÇÃO ENTRE NÚMERO DE CONCEITOS ESPONTÂNEOS E DESEMPENHO NA QUESTÃO 16	177
TABELA 60 - TABELA 41, REORDENADA PELO PERCENTUAL DE ACERTO NA QUESTÃO 16.....	183

1 INTRODUÇÃO

1.1 LAMÚRIAS DE UM PROFESSOR DE FÍSICA

Sou professor e atuo no ensino médio há 22 anos. Em meu primeiro dia de aula, sob os efeitos da euforia do primeiro emprego, deparei-me com uma grande frustração. Ao entrar numa turma de primeiro ano do ensino médio e me apresentar de forma empolgada como professor de Física, meu sorriso imediatamente “amarelou”. Percebi muitos dos alunos torcendo o nariz e alguns balbuciando um “iiiiiii” ou “tsc-tsc”. Talvez pelo meu quase total despreparo, fiquei extremamente chocado.

Em busca de uma explicação, durante o intervalo, comentei o fato com um colega mais experiente. Lembro-me como se fosse hoje. Ele disse: “É assim mesmo. Logo você acostuma”.

Ano após ano, esse comportamento de meus alunos se repetia, mas não me acostumei, como afirmou aquele colega, e talvez nunca me acostume. Pelo contrário, minha inquietação só aumentou. De onde vem essa aversão a algo que eles nem mesmo conhecem direito? Terá sido ruim o contato com a Física da oitava série do ensino fundamental? Será que, através de seus colegas mais velhos, ouviram falar da fama de “difícil” que estigmatiza essa disciplina? Será que eles fazem isso com todos os professores? Ou será que alguns alunos fazem isso para um determinado professor ou disciplina, enquanto outros alunos fazem isso para outros professores e disciplinas? Será que, para alguns desses jovens, ciência é algo chato, difícil, penoso, que exige habilidades que eles julgavam não ter ou, se as têm, não gostam de usá-las? Quais os motivos desses preconceitos?

Quando em várias ocasiões perguntei a alunos sobre as razões desses problemas, mesmo que informalmente, sem a preocupação com o rigor que caracteriza uma pesquisa científica, muitas vezes ouvi algo como “Física é muito difícil” ou “Física é muito chata”, e o complemento quase sempre era “eu não consigo aprender, por isso eu não gosto”.

Isso é preocupante. Atualmente, mais do que nunca, a Física tornou-se um elemento da cultura ocidental. Dominar seus conceitos básicos é de grande importância para compor as concepções de mundo e de vida.

1.2 FÍSICA: UM ELEMENTO DA CULTURA

Assim como é preciso ter um razoável conhecimento geral e sensibilidade para compor uma boa música, escrever o roteiro de um bom filme, um livro ou um poema, também é importante ter os mesmos requisitos, pelo menos em parte, para ouvi-los, assisti-los, lê-los e compreendê-los satisfatoriamente.

A Física pode ser um conhecimento interessante na bagagem intelectual de uma pessoa. Ela pode ser tanto uma ferramenta básica para o engenheiro que projeta um eletrodoméstico quanto para o usuário que precisa ler e entender o manual de instrução. Ela pode ser tema de inspiração para um poeta ou instrumento de percepção para aquele que lê a poesia.

Coloco dois simples e meros exemplos.

O primeiro, tiro de uma experiência que vivi há pouco tempo. Fui a uma loja de eletrodomésticos comprar um aquecedor de ambientes. Havia um aparelho importado, com um preço bem abaixo dos demais e, por isso, ele despertou meu interesse. Como o aparelho se destinava para uma casa de campo de minha família, cuja instalação elétrica não admite aparelhos que consumam muita energia, perguntei à vendedora qual era a potência do aquecedor. Ela respondeu que, como outros clientes já haviam feito a mesma pergunta, ela já tinha folheado várias vezes todo o manual de instrução, sem encontrar informações a respeito. Pedi a ela que me emprestasse o manual. Com um nítido desdém, ela me entregou o manual e disse: “todos aqui na loja já procuraram e não encontraram nenhuma informação sobre a potência, mas se o senhor quer tentar, tudo bem”. Na segunda página, havia um desenho do botão central do aparelho com as inscrições 800 W (quando o botão estava totalmente virado para a esquerda) e 1300 W (quando totalmente virado para a direita). Era o que eu procurava. Presumo que, ao ler o manual, ela esperava encontrar por escrito: potência mínima, potência máxima. Aqueles números e aquela unidade de medida (W) não tinham significado para ela nem para seus demais

colegas de trabalho. Acredito que o fabricante tenha sido negligente, pois esses dados deveriam constar no próprio aparelho. Porém, sem querer desmerecer a vendedora, percebi a importância de uma cultura científica mínima, até mesmo para a aquisição ou venda de um eletrodoméstico.

O segundo exemplo tiro do mundo das artes. Quem não souber um pouco da Física de Aristóteles pode não perceber as concepções de mundo apresentadas por Camões que surgem nas entrelinhas de **Os Lusíadas**. Esse grande poeta português (1524-1580) viveu num período em que a grande “verdade” aceita pela maior parte dos homens eruditos eram as teorias aristotélicas e ele utilizou esse referencial para enriquecer sua obra, da qual destaco um pequeno trecho.

Vês aqui a grande máquina do Mundo
 Etérea e elemental, que fabricada
 Assim foi do saber alto e profundo
 Que é sem princípio e meta limitada.
 (CAMÕES, 2002, p. 303)

Aristóteles herdou do filósofo Empédocles a concepção de que o mundo sublunar — abaixo da Lua, até o centro da Terra — é constituído por quatro elementos, ou quatro essências (terra, água, fogo e ar). Acima da Lua, há uma substância que preenche o espaço chamada de éter (a quinta essência). Camões utiliza as palavras “*elemental*” e “*etérea*”, fazendo menção a essa teoria. Vemos ainda, nesse poema, uma alusão à crença de que o céu e a Terra são criados — “*fabricada*” — e eternos “*Que é sem princípio e meta limitada*”. (MOURÃO, 1998).

“*Vês aqui a grande máquina do Mundo*”, o mundo da época do descobrimento do Brasil, retratado nos quatro versos de Camões. Aliás, retratar a ciência, a sociedade e a vida é uma característica das artes. Quando praticada por homens cultos e atualizados, a literatura pode estar impregnada da ciência concebida num determinado momento histórico. Vê-se Aristóteles em Camões, vê-se a Física de seu tempo na poesia.

Recentemente Haroldo de Campos, poeta brasileiro, lançou um livro de poemas muito interessante, intitulado **A Máquina do Mundo Repensada**. “*Vês aqui a grande máquina do Mundo*”, agora repensada sob a concepção da Física

Moderna. Assemelhando-se a Camões, Haroldo de Campos utiliza a poesia para navegar pelo mar dos conhecimentos científicos de sua época.

no imaginar me finjo e na gigante
lente de um telescópio o olho colando
abismo — apto a observar o cosmorante

berçário do universo se gerando:
recorre aqui o big-bang — o começo (?)
de tudo — borborigma esse ur-canto

ou pranto primordial: primeiro nexo
radiocaptado por humano ouvido
da explosão parturiente — seu reflexo

espelhado em rumor: prévio ao estampido
fôra o que? porventura um tempo-zero
de cósmica densidade ensandecido
(CAMPOS, 2000, p. 62-63)

O mundo “repensado” possui um provável início: o Big-Bang — “*berçário do universo se gerando*”; “*explosão parturiente*”. Para a concepção científica de hoje, o mundo não foi fabricado como o de Aristóteles. Ele é fruto de fenômenos físicos. No entanto, através de um único símbolo — (?) — incorporado à poesia, o poeta expressa sua dúvida quanto ao fato de isso ter realmente ocorrido. Nesse caso, o ponto de interrogação não é um simples item de pontuação, mas sim uma pergunta: realmente foi isso que aconteceu? Aqui a poesia assumiu o papel questionador da ciência. O Big-Bang é uma teoria que, ainda não comprovada, gera uma série de polêmicas. Apesar disso, é uma das explicações que os cientistas têm para oferecer no momento.

O termo “*pranto primordial: primeiro nexo*” faz referência às últimas teorias cosmológicas (que estudam as origens do universo), as quais consideram que toda a matéria existente, num “tempo-zero”, antes do início, antes do Big-Bang — “*prévio ao estampido*” —, era um aglomerado de elétrons e outras partículas subatômicas “prensadas” num único ponto. Por isso, esse estado da matéria era extremamente denso — “*de cósmica densidade*” —, quente e desordenado — “*ensandecido*” —, a ponto de nem mesmo os átomos estarem ainda formados.

Usando o jargão próprio dos cosmólogos da atualidade, o universo era uma “sopa primordial” até que ocorreu o Big-Bang, cuja “*explosão parturiente*” foi

“radiocaptado por humano ouvido”, mais especificamente os ouvidos de Penzias e Wilson, dois cientistas americanos que, na década de 60, conseguiram detectar aquilo que consideram ser os sons remanescentes da “criação”!

Espera-se que um cidadão culto tenha a capacidade de ler e “decifrar” um poema. Acredito que Camões e Haroldo de Campos não escreveram para físicos, tampouco é essa a formação desses dois poetas.

A Física estudada no ensino médio não é só para o vestibular. É para a vida. Ela é importante para que obras literárias, como essas que citei, não se tornem desprovidas de significado e beleza. Sob esse aspecto, cultura faz diferença e a Física também faz parte da cultura.

Será que nossos estudantes estão adquirindo conhecimentos de Física de forma significativa, que lhes permitam, entre outras coisas, entender Camões e Haroldo de Campos? É óbvio que não é esse o objetivo principal do ensino médio, mas espera-se que aquilo que ali é estudado ofereça instrumentos tanto para a percepção do mundo quanto para a ação sobre ele. O conhecimento físico deve permitir que o educando faça relações entre a ciência e suas aplicações, seja na cozinha de sua casa, seja na rua, num filme ou numa poesia.

Daí vêm as perguntas: será que os conceitos da Física estão sendo incorporados de maneira significativa? Será que nossos alunos utilizam a Física em seu cotidiano?

1.3 “NA BEIRA DO CAMINHO TINHA UMA PEDRA, TINHA UMA PEDRA NA BEIRA DO CAMINHO”. AGORA ELA ESTÁ BEM NO MEIO DO CAMINHO

Os problemas relativos à aprendizagem da Física são inúmeros. São pedras metafóricas, não mais na beira, mas bem no meio do caminho, interferindo negativamente na aprendizagem significativa. MOREIRA (1983) faz uma interessante síntese dessas “pedreiras”.

Obviamente, a falta de experimentos realizados pelos alunos, ou, pelo menos, demonstrações realizadas pelo professor, se constitui em uma séria deficiência. Grande número de alunos, programas excessivamente longos e reduzido número de aulas certamente prejudicam o ensino. Um professor que não domina o conteúdo ou que não tem habilidades para transmiti-lo, sem dúvida, não terá condições para oferecer um bom ensino.

Por outro lado, mesmo um professor que domine o conteúdo e seja capaz de transmiti-lo poderá ensinar de maneira inadequada, na medida em que simplesmente se considerar um emissor com o qual o aluno deve sintonizar. Outra falha muito comum no ensino da Física é a de apresentá-la como um assunto enfadonho, uma interminável sucessão de problemas sobre forças, momentos e máquinas simples ou sobre movimentos dos mais variados tipos, ou ainda, como um grande conjunto de fórmulas. Há também o caso do professor que, deliberadamente, dificulta o ensino da Física por uma questão de reforço social, pois quando ensina um assunto difícil e os alunos tiram notas baixas apesar de estudar muito, seu *prestígio junto aos colegas e aos próprios alunos* parece crescer e ele se sente reforçado. (MOREIRA, 1983, p. 13-14)

Foi lendo, pensando, pesquisando sobre todos esses aspectos que minha atenção foi direcionada para aquilo que se tornou minha pergunta de pesquisa.

1.4 É SIGNIFICATIVA A APRENDIZAGEM ESCOLAR DO CONCEITO FÍSICO DE ACELERAÇÃO NO PRIMEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO?

Este trabalho visa, em primeiro lugar, responder essa pergunta, oferecendo ao professor de Física do ensino médio subsídios para entender um pouco mais sobre o processo de aprendizagem do conceito de aceleração. O segundo objetivo é construir um instrumento que seja simples o suficiente para ser utilizado por educadores em seu cotidiano escolar para que, assim, verifiquem o conhecimento do aluno sobre esse conceito.

Acredito que o tema “aceleração” seja de grande importância, pois ele é fundamental para a compreensão de diversos conceitos que nela se ancoram.

Para este estudo, usarei como referencial a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

1.5 POR QUE O TEMA ESCOLHIDO FOI ACELERAÇÃO?

A história foi mais ou menos assim. Certa vez, ao fazer um trabalho para uma das disciplinas do mestrado, entrevistei um grupo de alunos que estava passando da oitava série para o primeiro ano do ensino médio. Numa das perguntas, mostrei a equação que calcula a grandeza aceleração ($a = \Delta v / \Delta t$) e perguntei se eles conheciam aquela fórmula. Quando o aluno dizia que a conhecia, eu perguntava se ele lembrava o que era aquele “a” – letra que na equação

representa aceleração. Caso ele respondesse corretamente, eu perguntava qual era o significado desse conceito.

Numa de minhas entrevistas, a aluna Patrícia me disse: “o que significa eu não sei, mas se você me der os números eu consigo calcular”. Essa resposta ficou “martelando” por longo tempo em minha cabeça. Comecei a refletir tanto na importância da aprendizagem significativa quanto nas dificuldades que envolvem especificamente a compreensão desse tema. Confesso que devo àquela juvenzinha minha pergunta de pesquisa. Parece que, para ela, aceleração era literalmente a fórmula ou talvez aquele número que ela afirmou saber calcular. Mas e o seu significado? Da maneira como esse conhecimento estava estruturado, dificilmente ela poderia utilizá-lo em situações diferentes daqueles problemas em que são fornecidos alguns números para o cálculo de outros.

Guardadas as devidas proporções entre conhecimento dos interlocutores sobre Física e complexidade do assunto, a conversa com Patrícia me remeteu a um trecho do livro **A Parte e o Todo**, escrito pelo físico Werner Heisenberg (Prêmio Nobel de Física em 1932), em que ele narra uma conversa que teve com outro físico, Wolfgang Pauli (Prêmio Nobel de Física em 1945).

Foi assim que Wolfgang me perguntou – creio que à noite, numa hospedaria em Grainau – se eu havia finalmente compreendido a teoria da relatividade, de Einstein, que desempenhava papel tão importante no seminário de Sommerfeld. Só pude dizer que eu não sabia realmente o que significava ‘compreender’ em nossa ciência natural. O aparato matemático da teoria da relatividade não me causava nenhuma dificuldade, mas isso não significava, necessariamente, que eu houvesse ‘compreendido’ por que um observador em movimento, ao usar a palavra ‘tempo’, referia-se a algo diferente de um observador em repouso. Aquilo me intrigava e me parecia incompreensível. – Mas, havendo apreendido o arcabouço matemático – contestou Wolfgang –, com certeza você pode prever o que um observador em repouso e um observador em movimento têm que observar e medir. Temos boas razões para supor que um experimento real confirme essas previsões. O que mais você quer? — Eis aí o meu problema – retruquei. – Não sei o que mais pode ser exigido. Sinto-me meio ludibriado pela lógica implícita nesse arcabouço matemático. Talvez você possa até dizer que aprendi a teoria com o cérebro, mas não ainda com o coração. (HEISENBERG, 1998, p. 41-42)

Assim como Heisenberg, Patrícia sabia apenas operar o “arcabouço matemático” que envolve o conceito de aceleração.

O ensino de Física no 1º e 2º graus, e muitas vezes até na universidade, gira em torno da dedução de fórmulas e suas aplicações em exercícios ou problemas padrão; neste esquema os conceitos envolvidos recebem uma consideração muito superficial por parte dos professores. Assim, é muito comum encontrar-se alunos que são capazes de resolver problemas de mecânica elementar utilizando, por exemplo, a relação $F = m \cdot a$, e que em outras situações manifestam um conhecimento acerca do conceito de força incompatível com essa relação. Além desse fato, existe entre os professores de Física a idéia muito comum de que os alunos, ao iniciarem seus estudos de Física, não sabem nada dessa matéria, e que os erros que eles cometem são simplesmente decorrentes de falhas individuais bem como de inabilidade em matemática. (CARVALHO, 1985, p. 1)

Observando os programas de Física desenvolvidos pela maioria dos livros didáticos de primeiro ano do ensino médio, constatei que a maioria deles começa por Cinemática. A seqüência empregada é quase sempre esta: referencial, ponto material, repouso, movimento, trajetória, posição, deslocamento, velocidade, velocidade média, movimento uniforme. A seguir vem aceleração. Todos esses conceitos possuem ligações com o cotidiano do aluno e, de alguma forma, fazem uma descrição de sua realidade. Por isso, é possível que o aluno tenha uma quantidade razoável de informações adquiridas em suas experiências de vida para nelas ancorar esses conhecimentos da Cinemática e, assim, assimilá-los no formato científico. Porém, entre estes, aceleração é o que exige uma maior abstração.

1.5.1 Aceleração no Cotidiano

O termo “acelerar” está ligado ao nosso cotidiano. Ele é usado, por exemplo, quando deseja-se aumentar a rapidez de algum processo, seja o movimento de um carro, de um objeto ou até para situações que não estejam propriamente ligadas à Cinemática. Talvez muitos já tenham dito algo parecido com a seguinte frase: “tomando o remédio certo, aceleramos o processo de cura de uma doença”.

Em dicionários, encontramos definições como as seguintes:

Aceleração: 1. Ação ou ato de acelerar; aceleração 2. Rapidez na execução; aceleração 3. Pressa; precipitação 4. Aumento progressivo de velocidade de um veículo automotor ... (FERREIRA, 1999, p. 28).

Acelerar: 1. Tornar célere ou mais célere; aumentar a velocidade de; apressar: *acelerou a marcha e chegou antes da hora.* 2. Dar pressa a; fazer progredir ou andar mais rápido; apressar; ativar: *acelerou o andamento do processo* (FERREIRA, 1999, p. 28).

Nota-se na definição do dicionário, a qual chamarei de “concepção cotidiana”, que execução rápida está vinculada ao termo “acelerar”. Assim, sob esse ponto de vista, se algo for feito rapidamente, independentemente da variação de velocidade, poderá ser chamado de “acelerado”. Mesmo quando um motorista aperta o pedal do acelerador de um automóvel, aguardando o semáforo abrir, diz-se que ele também está “acelerando”, independentemente de ocorrer ou não variação na velocidade do carro.

Na vida diária, os termos “acelerar”, “aceleração”, entre outros correlatos, são usados com significados nem sempre exatamente iguais aos adotados pela ciência. Há algumas diferenças entre a concepção cotidiana e a científica.

As concepções adquiridas no dia-a-dia não podem ser deixadas de lado. Elas fazem parte daquilo que o aluno pensa e sente, influenciando seu modo de agir, de interpretar o mundo físico e também o seu aprendizado. (MASINI, 1999). A Física da escola é uma construção, fruto da interação entre a Física dos cientistas, as concepções cotidianas, as relações sociais e as afetivas do educando. (FILOCRE, 1986)

Uma interessante pesquisa, realizada por MORI; TADANG e KITIGAWA (1974; 1976), foi realizada com crianças em pré-escolas, tanto no Japão quanto na Tailândia. Os experimentos desses pesquisadores sobre a noção de velocidade eram similares aos de PIAGET (1946), porém eles tinham por objetivo observar se fatores culturais e lingüísticos influenciavam na aquisição de conceitos físicos. Na língua japonesa, assim como na língua inglesa ou portuguesa, usa-se a mesma palavra (“longo”) tanto para expressar um “longo” trajeto quanto um “longo” período de tempo. Na Tailândia, usam-se palavras diferentes. Em relação a uma longa distância, a palavra utilizada é “eyao” e, em relação a um longo tempo, “nãn”. Observou-se que as crianças tailandesas tinham um melhor desempenho em perguntas que relacionavam distância e tempo, pois elas diferenciavam melhor esses dois conceitos. Uma das experiências consistia em duas locomotivas de brinquedo se deslocarem durante um mesmo intervalo de tempo, sobre trilhos paralelos, mas com velocidade diferentes. Por isso, a locomotiva mais rápida percorria uma maior distância. Os pesquisadores perguntavam para as crianças qual delas tinha se deslocado por mais tempo. Em sua maioria, as respostas das

crianças japonesas eram erradas, provavelmente por confundirem longa distância com longo tempo. Para elas, a que foi mais longe andou por mais tempo. As crianças tailandesas, por sua vez, tinham a tendência de responder corretamente, ou seja, que o tempo foi o mesmo. Outros experimentos foram realizados durante essa pesquisa, alguns deles com diferenças gritantes entre o acerto das crianças japonesas (12,7%) e das tailandesas (69%). (TEIXEIRA, 1985, p. 12-14)

Embora o estudo de MORI; TADANG e KITIGAWA (1974; 1976) tenha abordado a relação espaço-tempo e não o conceito que estou estudando – aceleração —, os resultados que obtiveram dão indícios de que fatores lingüísticos e culturais influenciam na aprendizagem de conceitos físicos. Para AUSUBEL, “a linguagem, portanto, desempenha um papel (processo) integral e operativo do pensamento em lugar de um mero papel comunicativo”. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 34)

Como em nossa cultura a palavra “acelerar” geralmente está vinculada a andar mais depressa e a aumento de velocidade, acredito que isso possa interferir na aprendizagem do conceito científico de aceleração.

Mas o que é aceleração para a ciência?

1.5.2 Para a Ciência, Acelerar não é Simplesmente “*pé na tábua*”

Na linguagem científica, o conceito de aceleração engloba situações que o cotidiano nem sempre contempla. Para a Física, aceleração está vinculada às variações na velocidade durante um certo intervalo de tempo. Essas variações podem ser tanto de uma velocidade menor para uma maior quanto de uma maior para outra menor. No segundo caso, quando a velocidade diminui, pode-se usar também o termo retardamento como um sinônimo de aceleração. Porém, no cotidiano, aceleração e retardamento são considerados antônimos. Essas diferentes concepções podem dificultar a apreensão desse conceito, bem como a vinculação da aceleração com a grandeza tempo, fator fundamental na definição científica.

Não bastassem as confusões que, nesse caso, o cotidiano oferece ao científico, um outro agravante é que aceleração é um conceito puramente matemático. Grosso modo, aceleração não tem existência real. Trata-se de uma

definição que ganhou o significado atualmente adotado pela ciência na obra de Galileu Galilei. Foi ele quem inventou a versão atual desse conceito. A palavra “inventar”, nesse caso, não é exagero nem licença poética. É “inventar” mesmo. Seguindo a definição do bom e velho Aurélio, “inventar” é “criar na imaginação”, (FERREIRA, 1999, p. 1132). Essa criação, portanto, surgiu nos estudos de Galileu sobre planos inclinados e queda dos corpos. Eis a definição, nas palavras dele:

Quando, portanto, observo uma pedra que cai de uma certa altura a partir do repouso e que adquire pouco a pouco novos acréscimos de velocidade, por que não posso acreditar que tais acréscimos não ocorrem segundo a proporção mais simples e mais óbvia? Se considerarmos atentamente o problema, não encontraremos nenhum acréscimo mais simples que aquele que sempre se repete da mesma maneira. (...) em tempos iguais quaisquer, adquire aumentos iguais de velocidade. (GALILEU GALILEI, 1985, p. 127)

A aceleração não é um agente que promove variação de velocidade. Os corpos não “possuem” aceleração, tampouco a “recebem” – num sentido material. Ela é simplesmente um número que informa qual é a variação da velocidade numa unidade de tempo.

1.5.3 Aceleração e os Conceitos Espontâneos

Talvez o caráter abstrato do conceito de aceleração e as diferenças que existem entre o cotidiano e o científico tragam dificuldades para a aprendizagem escolar. Em geral, no dia-a-dia, a utilização desse termo só contempla um aspecto: o aumento da velocidade, sem relacioná-la ao tempo. Esse conhecimento não é suficiente para dar um amplo suporte ao seu entendimento sob o aspecto científico e, quem sabe, pode até levar o aluno a algumas confusões ou, como se diz nos meios acadêmicos, isso pode dar origem a conceitos espontâneos.

O termo “conceitos espontâneos” possui vários sinônimos: concepções espontâneas, conceitos alternativos ou intuitivos, ciência da criança, conceitos cotidianos, entre outros. Usarei esses termos como sinônimos. Ao longo deste trabalho, eles serão usados para aqueles conhecimentos construídos a partir da experiência cotidiana e que, em vários exemplos, divergem daquilo que é aceito pela Física como conceitos científicos.

Esses conceitos alternativos são noções “pré-existentes e independentes do ensino formal que os alunos revelam ao serem, de alguma forma, questionados e que de fato constituem uma estrutura conceitual paralela àquela ensinada – estrutura muitas vezes capaz de sobreviver ao ensino”. (VILLANI et al., 1982, p. 25)

Em alguns casos, essas concepções têm um razoável poder explicativo, enquanto em outros essa capacidade de explicação de fenômenos é mais reduzida. Porém, raramente tais limites são percebidos, pois é muito difícil, fora do ambiente escolar, uma pessoa se deparar com situações que exijam mais do que essa “ciência alternativa” oferece.

Já é fato pesquisado e amplamente divulgado que o senso comum e a ciência nos apresentam visões de ordens diferentes. O que separa a ordem científica da ordem do senso comum? O mundo de cada um é sempre lógico do seu ponto de vista. A experiência cotidiana confirma, com frequência, teorias e modelos usados pelas pessoas comuns, ‘não cientistas’; tais explicações, usadas com estes modelos, são levadas pelos estudantes para a sala de aula, pois fazem parte da ‘ciência da criança’, como tem sido chamada esta ‘ciência’, produto da interação da criança com o mundo desde o seu nascimento, sendo bastante persistente por ter se construído experimentalmente, dia-a-dia. (QUEIROZ; AZEVEDO, 1987, p. 7)

PEDUZZI e PEDUZZI (1988, p. 142) fazem uma interessante síntese dos conceitos espontâneos:

As idéias que os alunos trazem para a sala de aula e que se relacionam com os conceitos e princípios físicos a serem estudados têm sido objeto de extensa investigação nos últimos 10 anos. Estas concepções, conceitos ou idéias intuitivas:

- a) São encontradas em um grande número de estudantes, em qualquer nível de escolaridade;
- b) Constituem um esquema conceitual coerente, com amplo poder explicativo;
- c) Diferem das idéias expressas através dos conceitos, leis e teorias que os alunos têm que aprender;
- d) São muito persistentes e resistem ao ensino de conceitos que conflitam com elas;
- e) Interferem no aprendizado da Física, sendo responsáveis, em parte, pelas dificuldades que os alunos encontram em disciplinas desta matéria, acarretando nestas um baixo rendimento quando comparado com disciplinas de outras áreas;
- f) Apresentam semelhanças com esquemas de pensamento historicamente superados.

No cotidiano escolar, é possível encontrar diversos casos que se enquadram no item f. A concepção de Aristóteles, de que corpos mais pesados caem mais rapidamente do que os corpos mais leves, é um bom exemplo. Mesmo tendo sido superada no século XVII, ainda hoje essa teoria aristotélica encontra diversos adeptos entre nossos alunos.

Um outro exemplo de conceito espontâneo é a relação entre força e velocidade.

De acordo com o paradigma científico vigente – a Mecânica newtoniana – existe a possibilidade de movimento mesmo que não haja forças atuando num determinado objeto. Isso se contrapõe ao pensamento aristotélico, o qual admite que, para existir movimento, é indispensável a atuação de uma força sobre o corpo.

Muitos de nossos alunos, embasados em suas experiências cotidianas, compartilham do pensamento de Aristóteles. Isso provoca dificuldades para a aprendizagem daquilo que é aceito atualmente pela ciência.

Como essas concepções alternativas são capazes de explicar uma série de fatos físicos, muitos alunos se tornam resistentes à aquisição de conhecimentos científicos. É quase uma questão de comodidade, afinal, se possuem uma explicação “satisfatória” para o assunto, já testada em diversas situações, por que mudar? Em certos casos, essa resistência pode ser confundida com dificuldade de aprendizagem.

Desde o final dos anos 70 do século XX e, em especial, na década de 1980, diversos estudos sobre conceitos espontâneos em Física foram e continuam sendo realizados. Um dos trabalhos pioneiros foi desenvolvido por pesquisadores franceses, coordenados por VIENNOT (1979). Eles observaram que muitos estudantes associam o movimento a uma força de intensidade proporcional à velocidade e que sempre acompanha o objeto enquanto estiver se deslocando. A ausência da força implica no objeto parar.

Essas concepções adquiridas através das experiências de vida são contrárias à Mecânica de Newton, interferindo assim na aprendizagem escolar desse referencial teórico.

A pesquisa de Viennot foi realizada na Inglaterra, Bélgica e Estados Unidos, e os resultados foram muito semelhantes (ZYLBERSZTAJN, 1983, p. 3). Isso indica que os conceitos intuitivos existem independentes do ensino recebido e da cultura. (NEVES; SAVI, 2000, p. 12) Porém, quanto aos aspectos culturais há algumas ressalvas a serem feitas, como mostram PIAGET e GARCIA (1987), numa comparação das concepções grega e chinesa sobre força e movimento.

Uma comparação entre as características da ciência grega e chinesa é muito esclarecedora para o tema (...). Aristóteles (e toda a mecânica até Galileu) não só não conseguiu formular o princípio da inércia como ainda rejeitava, por absurdo, qualquer idéia de um movimento permanente que não seria provocado pela ação constante de uma força. Contudo, cinco séculos antes de Jesus Cristo, encontramos, num pensador chinês, a seguinte informação: A cessação do movimento é devida a uma força oposta. Se não existir força oposta o movimento nunca mais parará. Mais de dois mil anos deveriam passar antes de a ciência ocidental chegar a este conceito. É ainda mais surpreendente que o enunciado citado não tivesse sido considerado como uma descoberta extraordinária e tão só como um fato natural e evidente. A frase que se segue no texto chinês diz o seguinte: E isso é tão evidente como uma vaca não ser um cavalo. A que se deverá o fato de uma afirmação absurda para os Gregos ser uma evidência para os Chineses? Encontra-se aqui, na nossa opinião, uma das raízes da relação entre ciência e ideologia. Para, além disso, nós pensamos que a resposta a esta questão ilumina um dos mecanismos epistemológicos pelo qual a ideologia de uma sociedade condiciona o tipo de ciência que nela se desenvolve. A concepção de mundo dos aristotélicos era estática. (...) Para os Chineses, pelo contrário, o mundo estava em constante devir. (PIAGET; GARCIA, 1987, p. 232-233)

Um trabalho recente e muito interessante sobre concepções espontâneas foi realizado por pesquisadores da UNESP com deficientes visuais.

Enfocou-se a análise das convicções alternativas de repouso e movimento de um sujeito cego, buscando relacioná-las com as convicções de pessoas não cegas, bem como, com os conceitos da Física pré-newtoniana, estabelecidos principalmente por Jean Buridan, durante a Idade Média e por Aristóteles. Os resultados desse estudo têm demonstrado que o deficiente visual total apresenta convicções acerca de repouso e movimento muito parecidas à de pessoas não cegas. Concepções aristotélicas, como as de lugar natural e de que a todo movimento associa-se uma força, têm se evidenciado *como paradigma* também para tais indivíduos. Portanto, de acordo com as convicções apresentadas pelo sujeito, a ausência de visão não se mostra fator fundamental na influência no que se refere à natureza das concepções espontâneas de repouso e movimento. Estímulos sensoriais, como a audição e tato, e interações sociais com indivíduos videntes participam decisivamente na construção de tais noções. (CAMARGO; SCALVI; BRAGA, 2000, p. 307)

No Brasil, foi aplicada uma pesquisa muito parecida com a de Viennot, e os resultados obtidos foram bastante similares. Além disso, observou-se algo novo que reforça a importância da minha pesquisa:

Em geral, foram encontrados os mesmos resultados, confirmando os obtidos na Europa (...) Entretanto uma análise detalhada, realizada dentro do nosso grupo revelou que a relação força e velocidade aparece articulada com a aceleração (...) Estes resultados foram obtidos, na nossa pesquisa, de forma preliminar (...), **mas ficou claro que, em muitos casos, a relação espontânea entre força e velocidade é certamente mediada por dificuldades com o conceito de aceleração** [grifo meu]. (VILLANI et al, 1982, p. 26)

Com base no trabalho desses pesquisadores, suponho que a compreensão do conceito físico de aceleração seja importante para a aprendizagem de diversos temas da Mecânica.

Assim, resumindo as razões que me levaram a esta pesquisa, coloco-as em quatro itens: *a) o conceito físico de aceleração é abstrato, puramente matemático; b) sua definição científica é mais abrangente que a cotidiana; c) dificuldades na assimilação desse conceito interferem na aprendizagem científica da relação força x velocidade; e d) a compreensão dessa grandeza sob o aspecto científico é um elemento fundamental para ancorar a aprendizagem de outros assuntos da Física, como, por exemplo, movimento uniformemente variado, queda dos corpos, lançamento de projéteis e, leis de Newton, entre outros.*

Pensando nisso tudo, quanto menos significativa for a aprendizagem é possível que o desempenho escolar do aluno seja prejudicado e, talvez, sua relação afetiva com a Física também possa ser comprometida. Assim, julgo ser importante saber se é significativa a aprendizagem escolar do conceito físico de aceleração no primeiro ano do ensino médio.

Minhas preocupações também foram provocadas por um artigo de MOREIRA (2000), em que ele faz uma retrospectiva do ensino de Física no Brasil. Quando ele abordou a questão dos projetos, uma de suas frases provocou-me reflexões.

... parece-me que um motivo que não pode ser ignorado é a falta de uma concepção de aprendizagem. Quer dizer, os projetos foram muito claros em dizer como se deveria ensinar Física (experimentos, demonstrações, projetos, 'hand on', história da Física, ...), mas pouco ou nada disseram sobre como aprender-se-ia esta mesma Física. Ensino e aprendizagem são interdependentes; por melhor que sejam os materiais instrucionais, do ponto de vista de quem os elabora, a aprendizagem não é uma consequência natural. (MOREIRA, 2000, p. 94-95).

1.6 OS FUNDAMENTOS DESTA PESQUISA

Elegi uma turma de primeiro ano do ensino médio, de uma escola da rede estadual, para acompanhar as aulas sobre o tema aceleração. Posteriormente, apliquei questionários para averiguar tanto se os alunos possuíam os conhecimentos necessários para ancorar esse conhecimento quanto para saber se houve aprendizagem significativa do conceito.

Utilizei como referencial teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, escolha que se deu por duas razões: a primeira é que há muito

tempo estudo e aprecio essa teoria, procurando utilizá-la na prática da minha profissão; a segunda diz respeito às diversas citações da obra de Ausubel em muitos dos artigos que li sobre conceitos intuitivos, tanto nacionais quanto internacionais (DRIVER, 1981; OSBORNE e BELL, 1983; WHITE e GUNSTONE, 1989; POSNER et. al, 1982; STRIKE e POSNER, 1982; PREECE, 1984; VILLA, 1984; NOVAK, 1988; LÓPEZ et. al, 1995; GANGOSO, 1997; SOLANO et. al, 2002), entre outros. Em alguns desses artigos, Ausubel foi utilizado para sustentar as idéias de seus respectivos autores, enquanto em outros os autores fizeram críticas à sua teoria.

Em artigos como PÉREZ-LANDEZÁBAL et al. (1995), e GALAGOVSKY e CARLOS (2002), Ausubel está presente, demonstrando a pertinência e atualidade desse referencial para o ensino de Física. Além desses, muitos outros podem ser relacionados, porém cito MAGALHÃES et al. (2002), trabalho em que os autores, preocupados com a aprendizagem significativa do conceito físico de “campo elétrico e magnético”, usaram metodologia similar à minha para averiguar se alunos de ensino médio possuíam os conhecimentos necessários para ancorar tal aprendizagem.

Por tudo isso, a idéia da pertinência desse referencial foi sendo construída e consolidada, determinando assim minha opção.

2 A TEORIA DE DAVID AUSUBEL: O PRIMEIRO AMOR A GENTE NUNCA ESQUECE

Logo que entrei na faculdade comecei a dar aulas em colégio e em cursos pré-vestibulares. Ainda estudante do curso de Física, mas já professor, fui pela primeira vez a um simpósio de ensino. Numa palestra do Prof. Dr. Marco Antônio Moreira, tive meu primeiro contato com as concepções de Ausubel. Foi paixão à primeira vista (pela teoria, é claro!).

A palestra tratava de forma bem clara sobre os problemas que eu encontrava em minhas aulas expositivas. A aula expositiva é uma das estratégias mais usadas no ensino médio e superior. A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel tem como premissa que a aprendizagem receptiva, inclusive a verabal, é a maneira mais adequada para se aprender corpos organizados de conhecimentos. Ela foi construída visando às práticas escolares, na tentativa de dar suporte à aprendizagem de conceitos, princípios e teorias. (AUSUBEL; ROBINSON, 1969a, p. 99)

Caracterizada como cognitivista, ela “se preocupa com mecanismos internos da mente e com processos tais como os da formação e da assimilação de conceitos”. (MOREIRA, 1983, p. 16)

Nessa teoria, entende-se que “os conceitos consistem nas abstrações dos atributos essenciais que são comuns a uma determinada categoria de objetos, eventos ou fenômenos, independentemente da diversidade de dimensões que não aquelas que caracterizam os atributos essenciais compartilhados por todos os membros da categoria”. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 72)

O termo “cognição” refere-se ao processo que dá origem aos significados na mente. “O cognitivismo procura descrever, em linhas gerais, o que sucede quando o ser humano se situa, organizando o seu mundo, de forma a distinguir sistematicamente o igual do diferente”. (MASINI, 1999, p. 10)

A corrente cognitivista surgiu como uma tentativa de reação às que acreditavam num processo de ensino-aprendizagem comportamentalista, baseado em estímulo e resposta.

Quando se fala em aprendizagem segundo o construto cognitivista, está se encarando a aprendizagem como um processo de armazenamento de informação, condensação em classes mais genéricas de conhecimentos, que são incorporados a uma estrutura no cérebro do indivíduo, de modo que esta possa ser manipulada e utilizada no futuro. É a habilidade de organização das informações que deve ser desenvolvida. (MASINI, 1999, p. 10)

Segundo MOREIRA (1999a, p. 35-36), “trata-se de uma orientação psicológica que se ocupa muito mais de variáveis intervenientes do tipo cognições e intenções, dos chamados processos mentais superiores (percepção, resolução de problemas por insight, tomadas de decisões, processamento de informação, compreensão), do que de estímulos e respostas”.

Pelo fato de Ausubel ser um representante do cognitivismo, ele parte do princípio de que há uma explicação teórica para o processo de aprendizagem. Nas palavras de MOREIRA e MASINI (1982, p. 4), para Ausubel “aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva”, não descartando a importância da experiência afetiva, aspecto que abordaremos posteriormente.

Mas o que é essa estrutura cognitiva?

2.1 TÁBULA RASA? NEM PENSAR!

Sinto vergonha de meus primeiros anos de magistério. Se pudesse, faria como os fabricantes de veículos e convocaria meus ex-alunos para um “recall educacional”. Imagine aparecendo na TV, em horário nobre: “Atenção: professor de Física convoca seus ex-alunos a retornarem à sala de aula para reaprenderem ou terem a oportunidade de aprender...”. Inusitado, mas, se fosse possível...

Acredito que errei muito, não quanto aos conceitos físicos propriamente ditos, mas por ter ignorado tudo o que estudei nas aulas de psicologia educacional. Não estou afirmando que todo o processo de aprendizagem esteja fundamentado apenas no professor, mas reconheço nele um elemento importante, em especial nas aulas expositivas.

Isso tudo me faz lembrar uma conversa com o diretor da segunda escola em que trabalhei. Ele me perguntou em qual série eu gostava mais de dar aulas.

Respondi que era para o primeiro ano do ensino médio, pois, em relação à Física, alunos dessa série eram praticamente “páginas em branco” nas quais eu poderia “escrever” os conceitos. Hoje vejo que minha resposta foi tão romântica quanto errada.

As pessoas chegam ao ensino médio com muitos conhecimentos, tanto adquiridos pela instrução escolar quanto pela experiência cotidiana. Tais idéias, sobre os mais diversos temas, formam a estrutura cognitiva e estão organizadas de maneira a dar significados aos novos materiais de aprendizagem a elas relacionados.

É nessa estrutura que ocorrem a organização e a integração do conhecimento. (AUSUBEL, 1963, p. 217). Assim, ela dá o suporte necessário para a aprendizagem daquilo que, de alguma forma, possua relações com o que o aluno já sabe.

Para Ausubel, aprendizagem significa organização e integração do material na **estrutura cognitiva**. Todas as idéias, os conceitos e os conhecimentos já organizados na estrutura cognitiva e que dão suporte à aprendizagem ele chama de “subsumer”, termo que não tem uma tradução exata em português. Ele significa, aproximadamente, algo como facilitador, inseridor, subordinador, ancorador.

Numa tentativa de aportuguesar o termo “subsumer”, criou-se o termo “subsunçor”. É o conjunto de subsunçores que forma a estrutura cognitiva. (MOREIRA, 1999a, p. 153)

Voltando à estrutura cognitiva,

Ela é, por hipótese, uma estrutura piramidal, hierarquicamente organizada em termos de *traços conceituais altamente inclusivos (sistema conceitual relevante mais inclusivos)* sob os quais são subsumidos traços de sub-conceitos menos inclusivos, bem como dados de informação específica. (...) Assim, a organização do conteúdo de uma dada disciplina no indivíduo consiste nessa estrutura hierárquica, na qual os conceitos mais inclusivos e menos diferenciados ocupam uma posição no ápice e subsumem progressivamente sub-conceitos menos inclusivos e mais diferenciados, e dados fatuais. (ARAGÃO, 1976, p. 13)

A palavra “subsumi” é derivada de “subsunçor”. A subsunção é entendida como um processo de inclusão de um novo material na estrutura cognitiva. Para que isso ocorra, devem existir relações significativas entre o que será aprendido e essa estrutura. É por isso que Ausubel afirma: “se tivesse que reduzir toda a

psicologia educacional a um só princípio, diria isto: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos”. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. iix)

2.2 A ORIGEM DOS SUBSUNÇORES: FORMAÇÃO E ASSIMILAÇÃO DE CONCEITOS

Na Teoria de Ausubel, um conceito consiste nas abstrações dos atributos e características de um objeto ou de um fenômeno. As crianças, durante a idade pré-escolar ou mesmo nas primeiras séries do ensino regular, aprendem por um processo chamado **formação de conceitos**. Segundo AUSUBEL, para essa faixa etária “os conceitos são adquiridos primordialmente por um processo (...) orientado por hipóteses. Mais simplificada, objetos ou eventos dados imediatamente pela percepção ou os conceitos (primários) do dia-a-dia são adquiridos relacionando seus atributos essenciais à estrutura cognitiva, depois de serem relacionados a vários exemplos particulares a partir dos quais foram derivados”. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 72)

Um exemplo simples de “formação de conceito” é como a criança forma a idéia do que é um cachorro. *Primeiro, ela tem contato com um cachorro específico. Posteriormente, após contatos com outros, ela vai generalizando as características comuns desse tipo de animal. Assim, em casos como esse, a experiência concreta é de caráter fundamental, pois é através dela que os subsunçores são construídos na estrutura cognitiva. Trata-se de um tipo de aprendizagem por descoberta no qual aquele que aprende gera e testa hipóteses, além de produzir generalizações a partir de experiências específicas.* (AUSUBEL; ROBINSON, 1969, p. 98-99)

Alunos com um pouco mais de idade, das últimas séries do ensino fundamental, por exemplo, apesar de serem capazes de abstrações, precisam de provas empírico-concretas para a assimilação de conceitos.

Durante os últimos anos da escola primária, as provas empírico-concretas (exemplos tangíveis, perceptíveis ou verbais dos atributos) são necessárias para a assimilação do conceito. Este último processo ocorre quando os atributos essenciais do conceito são apresentados, por definição ou pelo contexto, e então relacionados diretamente à estrutura cognitiva do aluno (conceitos secundários). Finalmente, no início do ensino secundário, o aluno já é capaz de prescindir destas provas, relacionando diretamente os atributos essenciais apresentados à sua estrutura cognitiva. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 72-73)

Quando o aprendiz atingir fases escolares mais avançadas, terá uma grande quantidade de subsunçores permitindo a **assimilação de conhecimentos** de forma receptiva. No ensino médio ou superior, por exemplo, Ausubel parte do pressuposto de que é possível aprendizagem exclusivamente por recepção verbal, haja vista o formalismo já atingido pelos indivíduos que se encontram nessa etapa.

Na assimilação de conceitos, além da aquisição de novos subsunçores, existe uma interação entre o material de aprendizagem e os subsunçores do sujeito, sendo ambos modificados, ampliados e incorporados um ao outro. Isso torna o produto final diferente daquilo que já se sabia e também diferente daquilo que está sendo aprendido. Surge assim um novo subsunçor, agora mais amplo, mais geral e, por isso, mais inclusivo, permitindo ao aluno uma maior capacidade de assimilar novos conceitos correlacionados a essa sua nova estrutura cognitiva. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 104-106)

Durante o processo de assimilação, o "... conhecimento está ainda sujeito à influência erosiva da tendência reducionista geral na organização cognitiva. É mais econômico e menos difícil fixar apenas os conceitos e proposições básicos mais estáveis e estabelecidos do que evocar as novas idéias que são assimiladas em relação às básicas". (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 108) Ausubel chama tal processo de assimilação obliteradora.

Essa obliteração implica no fato de que, durante a assimilação de um novo conteúdo, é possível que o aprendiz esqueça determinadas partes de um conceito. Porém, isso não significa que ele voltará a ter os mesmos conhecimentos que possuía inicialmente, pois, durante esse processo, os subsunçores são modificados. Assim, embora importante no processo de aprendizagem e retenção de novas informações, a assimilação obliteradora pode ocasionar perda de informações específicas, indispensáveis para a compreensão da estrutura de

determinado conteúdo. É por isso que Ausubel diz que "... o problema principal na aquisição de conteúdo de uma disciplina acadêmica, portanto, é contrapor-se ao processo inevitável de assimilação obliteradora...." (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 110)

2.3 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Aprendizagem significativa é aquela que ocorre de forma diferenciada, não arbitrária, não mecânica, não decorativa, não literal, ficando disponível para ser aplicada, a qualquer momento, em situações a ela relacionadas.

Para que ocorra aprendizagem significativa, é fundamental que exista na estrutura cognitiva conceitos que sejam inclusivos, ou seja, que dêem suporte à aprendizagem de novos materiais que serão assimilados.

O material em estudo pode ligar-se aos subsunçores de forma subordinada, superordenada ou combinatória.

A aprendizagem subordinada é aquela em que o novo conceito aprendido é subordinado a um conceito maior, mais inclusivo, já existente na estrutura cognitiva. Como exemplo, imagine que um determinado aprendiz já tenha idéia do que seja uma força. Quando ele aprender que a força de atrito, a força peso e a força de tração existem, esses conceitos estarão subordinados ao conceito maior, mais geral, mais inclusivo, que é o de força. (MOREIRA, 1999, p. 12)

A aprendizagem superordenada é aquela em que o novo conceito é superordenado em relação aos já existentes na estrutura cognitiva. Trata-se, agora, de um conceito mais inclusivo, que abrange as idéias subordinadas já existentes. Como exemplo, imagine que uma criança saiba o que é um cachorro, um gato, um boi. Quando ela aprender o que é "mamífero", esse conceito será superordenado em relação aos mamíferos que ela conhecia isoladamente.

A aprendizagem combinatória, por sua vez, é aquela em que o conceito aprendido está relacionado a idéias existentes, mas que não são subordinadas nem superordenadas. Um exemplo disso é a relação entre preço e demanda na área da economia.

2.4 AS REGRAS DO JOGO

Para que ocorra aprendizagem significativa, AUSUBEL aponta algumas condições fundamentais.

A aprendizagem receptiva significativa implica a aquisição de novos conceitos. Exige tanto uma disposição para a aprendizagem significativa como a apresentação ao aluno de material potencialmente significativo. Esta última posição pressupõe, por sua vez, que o material de aprendizagem por si só pode ser relacionado a qualquer estrutura cognitiva apropriada (que possua um sentido 'lógico'), de forma não arbitrária (plausível e não aleatória) e substantiva (não literal), e que as novas informações podem ser relacionadas a(s) idéia(s) básica(s) relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aluno. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 32)

O texto acima destaca três aspectos: o que o aluno já sabe, a disposição em aprender e o material de aprendizagem. Já discutimos a questão daquilo que o aluno já sabe. Vejamos agora os outros dois itens.

Um material é considerado potencialmente significativo quando for possível fazê-lo interagir com a estrutura cognitiva do educando através de uma relação não arbitrária, ou seja, o material de ensino deve ter um significado lógico para que seja potencialmente significativo. (AUSUBEL, 1965a, p. 185-187). Isso significa que ele deve ter um caráter não aleatório, passível de se integrar a qualquer estrutura cognitiva que tenha os ancoradores necessários. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 37)

Além disso, o aprendiz deve estar disposto a aprender de forma significativa.

Portanto, independentemente do quanto de uma determinada proposição é potencialmente significativa: se a intenção do aluno é memorizá-la arbitrariamente e literalmente (como uma série de palavras arbitrariamente relacionadas), tanto o processo de aprendizagem como o produto da aprendizagem serão automáticos. E inversamente, não importa se a disposição do aluno está dirigida para a aprendizagem significativa, pois nem o processo nem o produto da aprendizagem serão significativos se a tarefa da aprendizagem não for potencialmente significativa — ou seja, se não puder ser incorporada à estrutura cognitiva através de uma relação não arbitrária e substantiva. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 34)

A estrutura cognitiva, quando adquirida de forma significativa, dará ancoradouro à aprendizagem de novos conteúdos que nela possam ser agregados de forma não arbitrária e não literal.

Mas, se o que há de mais importante nas práticas de ensino é descobrir o que o aluno já sabe, ou seja, seus subsunçores, sua estrutura cognitiva, pergunta-se: o que se deve fazer para determinar tal estrutura?

2.5 “DETERMINE ISSO”: AVALIANDO A ESTRUTURA COGNITIVA

A real compreensão de um conceito implica em significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. Porém, se a aprendizagem significativa não for testada adequadamente, corre-se o risco de não se saber ao certo se ela realmente ocorreu.

É possível, numa avaliação, por exemplo, obter do aprendiz apenas respostas mecanicamente memorizadas.

Alunos que entram no ensino médio já foram “adestrados” a fazer provas. Por isso, para satisfazer o professor, muitos memorizam conceitos, exemplos e algoritmos, resolvendo assim aqueles problemas-padrão que aparecem nos livros, nas aulas e nas provas. Assim, para determinar se um conteúdo foi assimilado de maneira realmente significativa, deve-se expor o aluno a uma situação nova, não familiar, que exija uma máxima transformação do conceito adquirido. Não se deve exigir uma repetição exata dos conceitos.

Por outro lado, quando um aluno não consegue resolver determinadas tarefas, não significa que ele não tenha aprendido ou que simplesmente tenha memorizado determinados problemas. É possível que ele não o resolva por falta de alguma habilidade outra, diferente daquela que é tema central do problema. Assim, em tais casos, torna-se necessário avaliá-lo de formas variadas.

Mas o que fazer se avaliações apontarem para a não-existência de subsunçores que ancorem aquilo que o professor quer ensinar? A resposta de Ausubel é a utilização dos organizadores prévios.

2.6 ORGANIZADORES PRÉVIOS

Ausubel relata, em alguns de seus artigos, as pesquisas que desenvolveu evidenciando a necessidade de utilização de materiais introdutórios, os quais chamou de “organizadores prévios”. Eles devem ser apresentados antes daquilo que efetivamente se quer transmitir. Portanto, esses materiais introdutórios precisam ter um alto nível de abstração e generalidade, facilitando e dando suporte à retenção do novo conteúdo. (AUSUBEL, 1960, p. 267-272 e AUSUBEL; FITZGERALD, 1961, p. 266).

Essa premissa foi baseada em pesquisas do próprio Ausubel, nas quais ele concluiu que a estrutura cognitiva é hierarquizada. Assim, aprende-se melhor dos conceitos mais inclusivos para os menos inclusivos. Dos mais gerais para os específicos. (AUSUBEL, 1957 e 1960)

Em suma, “... a principal função dos organizadores prévios está em preencher o hiato entre aquilo que o aprendiz já sabe e o que precisa conhecer antes de poder aprender significativamente a tarefa com que se defronta.” (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 144)

Um organizador prévio pode ser um texto, um filme, uma discussão, uma experiência, uma explanação, enfim, qualquer recurso que se preste a esse fim, mas que tenha alguma familiaridade com o aprendiz.

É difícil definir se um dado material é ou não um organizador prévio, pois esse conceito é muito relativo. Essa classificação depende, entre outros fatores, da idade do sujeito, dos subsunçores que ele possui. Por isso, a frase central dessa teoria deve ser sempre lembrada: “o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe”. É em função disso que se pode tentar definir o que é e o que não é um organizador prévio.

Além desses detalhes, cabe salientar que, para Ausubel, um organizador prévio envolve assuntos específicos. Por exemplo, se o objetivo é que se aprenda o conceito de aceleração, deve-se construir um organizador prévio específico para esse fim.

Quando o assunto a ser aprendido é totalmente novo, Ausubel propõe a utilização de organizadores prévios do tipo “expositório”. Faz-se uma exposição

geral do assunto e de suas aplicações, em especial aquelas que tenham ligação com o cotidiano do educando. Esse organizador poderá facilitar a aquisição de subsunçores aproximados aos desejáveis para ancorar o novo material.

Quando o assunto a ser aprendido é relativamente familiar, Ausubel propõe a utilização de organizadores prévios do tipo “comparativo”. Esse organizador, através da comparação, poderá facilitar a aquisição de subsunçores parecidos com outros similares já dominados pelo sujeito.

A utilização de organizadores prévios parece ser importante para alunos com dificuldades de aprendizagem. (MASINI, 1976)

2.7 APRENDIZAGEM MECÂNICA

Caso o sujeito não disponha de subsunçores para ancorar um dado conhecimento, o máximo que pode ocorrer é uma aprendizagem mecânica.

A aprendizagem mecânica é aquela em que um novo conteúdo é absorvido de forma literal, arbitrária, decorativa, sem relação com os conhecimentos já existentes. Em tal situação, o novo conteúdo será facilmente esquecido. (AUSUBEL, 1969c, p. 329)

É muito comum, no estudo da Física, observarmos alunos simplesmente memorizando fórmulas, definições ou algoritmos para resolução de problemas.

É claro que esse tipo de aprendizagem não ocorre num vácuo cognitivo. Algumas associações podem ocorrer, mas não na mesma intensidade e profundidade que ocorrem na aprendizagem significativa. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 38)

Entre as possíveis explicações para a ocorrência de aprendizagem mecânica, destacam-se a falta das condições básicas indicadas por Ausubel, o fato de o material não ser potencialmente significativo, o aluno não dispor de subsunçores ou não haver predisposição em aprender significativamente.

Outra explicação está na prática de alguns professores que estimulam a aprendizagem por repetição, decorativa, mecânica e, quando em provas, por exemplo, não consideram respostas aproximadas. Ao aceitarem somente aquelas que reproduzem textualmente os conceitos estudados, estimula-se a simples

memorização. Além disso, o pânico de alguns alunos diante das avaliações e o pouco tempo para aprender significativamente os conteúdos também contribuem para a simples memorização. (AUSUBEL, 1969 b, p. 331-332)

Porém, a aprendizagem mecânica não chega a ser indesejável em todas as situações. Há momentos em que ela é um passo que antecede a aprendizagem significativa. Quando o aprendiz não dispõe de subsunçores para ancorar um determinado conteúdo, que se constitui em algo muito novo para ele, a aprendizagem mecânica se torna aceitável num primeiro momento.

2.8 SUBSUNÇORES: ALGUMAS VEZES “ANCORADOUROS”, OUTRAS... “ATRAPALHADOUROS”

Um aluno pode aprender não apenas o que é correto ou o que é científico. Os conceitos espontâneos, por exemplo, já analisados no item 1.5.3, podem se constituir em subsunçores, aprendidos significativamente, que podem ou não interferir no processo de compreensão de um determinado assunto. ZYLBERSTAJN¹, citado por QUEIROZ e AZEVEDO (1987, p. 9), ao pesquisar as relações entre a ciência da criança (conceitos intuitivos) e a ciência dos cientistas (paradigma vigente), afirma:

O terceiro estágio das transformações tem lugar nas aulas de ciências, quando os alunos percebem, interpretam e processam o que é apresentado a eles, construindo seus significados próprios, pessoais, a partir das atividades realizadas. É neste processo que seu conhecimento prévio – ‘ciência das crianças’ – parece desempenhar um papel importante. Estas atividades são conceitualizadas (...) como a interação entre ‘ciência das crianças’ e ‘ciência dos professores’, o resultado da qual é chamada ‘ciência dos estudantes’. (QUEIROZ; AZEVEDO, 1987, p. 9)

Os estudantes não são “tábulas rasas”, e a Física não está apenas nos livros. Ela também está no cotidiano.

Estamos acostumados a considerar a Física como algo que se aprende nas escolas, e o professor de Física como o sujeito a quem cabe a responsabilidade de ensiná-la, que é difícil, para muitos, reconhecer que é possível começar a construir um conhecimento sobre o mundo antes mesmo da escolarização e vislumbrar um novo papel para o

¹ ZYLBERSTAJN, A. Concepções espontâneas em física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 5, n. 2, 1983, p. 3-16.

professor. As pesquisas em 'Física Intuitiva' são importantes exatamente por mostrar que isto é possível, ou seja, que as crianças não precisam de autorização institucional para começar a aprender. (FILOCRE, 1986, p. 90-91)

A aprendizagem dos conceitos espontâneos pode ser significativa, a partir do momento em que ela se integre na estrutura cognitiva e passe a ser usada tanto para a interpretação de fenômenos quanto para dar suporte à aprendizagem de conceitos.

Se esses conceitos espontâneos não forem considerados como subsunções que poderão interferir negativamente na aprendizagem, essa estrutura cognitiva pode se tornar incompatível com a necessária para dar suporte aos conhecimentos científicos. BACHELARD (1996) chama tais concepções de "barreiras epistemológicas", as quais impedem a aquisição de conhecimentos científicos.

2.8.1 Conceitos Intuitivos e Aprendizagem Mecânica

Muitos alunos demonstram, nas provas tradicionais, uma "compreensão" dos conteúdos ao acertar exercícios. Porém, avaliações mais profundas poderão detectar que o educando apenas decorou alguns "algoritmos" e "frases" para conseguir responder às questões, ou seja, a aprendizagem foi puramente mecânica.

Essas informações, fruto apenas de uma memorização, são, para o aluno, desprovidas de significado, podendo acarretar, entre muitas possibilidades, em duas dificuldades. A primeira é a de resolver problemas diferentes daqueles cujo algoritmo foi memorizado e, a segunda, é a de estabelecer ligações entre conceitos científicos e situações do cotidiano. Na maioria das vezes, quando o faz, é apenas na sala de aula, pois, no dia-a-dia, fora da escola, conseqüentemente sem a preocupação com uma avaliação, é raro o aluno utilizar aquilo que aprendeu – ou decorou. É como se, por exemplo, a "força gravitacional" só provocasse a queda de corpos dentro dos muros do colégio. Na rua, os objetos caem porque simplesmente caem e, dessa forma, crianças e adolescentes acabam mantendo suas explicações alternativas para os fenômenos físicos, podendo assim, durante o período escolar, permanecerem "duas Físicas" em suas estruturas cognitivas.

A primeira é a **Física para a escola**, cuja característica principal está no fato de ser restrita a fórmulas e desvinculada do cotidiano. Ela fica armazenada na estrutura cognitiva para ser utilizada em situações nitidamente acadêmicas. A segunda é a **Física Intuitiva**, estritamente empírica e construída com base em observações e conclusões tiradas da leitura do cotidiano. Para alguns pesquisadores, se esse problema não for devidamente trabalhado, essas duas estruturas poderão ficar sobrepostas na mente do educando, que usará uma ou outra conforme sua necessidade. (VILLANI et al., 1982, p. 30 e 31)

Segundo VILLANI et al. (1982, p. 30-31):

... não é produtivo ignorar a bagagem cultural do aluno e todo o conjunto de noções 'espontâneas' que ele carrega ao se deparar com o ensino formal na escola. Se não se cuidar adequadamente da 'física espontânea' dos alunos sobrarão duas estruturas superpostas, entre as quais os alunos escolherão uma dependendo do contexto; em geral, quando o problema envolver muitos elementos formais usarão a aprendizagem formal; quando o problema envolver elementos do dia-a-dia e com características bem figurativas ou capazes de estimular a percepção, usarão o esquema espontâneo. (...) Em primeiro lugar as idéias 'espontâneas' em geral têm capacidade explicativa limitada, e por isso elas podem ser questionadas diretamente e facilmente, levando até às últimas consequências suas previsões em física.

Questionar os conceitos intuitivos é fácil. O difícil é promover mudanças conceituais do intuitivo para o científico.

Ao longo da história da pesquisa em ensino de Ciências, muitos autores afirmaram que se deve “combater” às concepções espontâneas, buscando provocar nos alunos a substituição destas por concepções científicas. Na obra **A Formação do Espírito Científico**, escrita em 1934, BACHELARD (1996, p. 23) afirma: “Surpreendeu-me sempre que os professores de Ciências, mais que os outros, não compreendam que não se compreenda (...). Não reflitam sobre o fato de que o adolescente chega à aula de Física com os conhecimentos empíricos já construídos: trata-se, assim, não de adquirir uma cultura experimental, e sim mais precisamente de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já acumulados pela vida cotidiana”. Em obra mais recente, CARVALHO et al. (1998, p. 15) afirma que “... a derrubada dos obstáculos já acumulados pela vida cotidiana não é tarefa fácil para a escola, mas um caminho é tentar mudar a cultura experimental – passando de

uma experimentação espontânea para uma experimentação científica – a fim de que os alunos possam (re)construir seu conhecimento”.

A idéia de provocar mudanças conceituais tem como uma de suas maiores referências os artigos de STRIKE e POSNER (1982) e POSNER et al. (1982). Nesses artigos, eles afirmam que é importante tomar conhecimento dos conceitos prévios dos alunos e questioná-los. O objetivo é que o educando passe por conflitos cognitivos (DREYFUS et al., 1990), colocando os conceitos intuitivos sob suspeita, evidenciando os limites de sua capacidade explicativa. Ao ficar em dúvida sobre aquilo que achava que sabia, ao perceber que suas idéias são insuficientes para dar conta de um novo fenômeno observado, o aluno pode se tornar aberto para novas explicações.

Essas concepções se apresentaram promissoras e muitos pesquisadores, em diversas partes do mundo, concentraram-se nesse enfoque, buscando caminhos para sua aplicação em sala de aula. (HEWSON, 1989; DUSCHL, 1995; VILLANI e CARVALHO, 1995). Pesquisadores de outras disciplinas, além da Física, como por exemplo a Química (FERNÁNDEZ, 1995), também compartilham dessas idéias.

2.8.2 Para Não Dizerem Que Eu Não Falei Das Flores

Apesar dos aspectos negativos, também podem ser encontrados alguns aspectos positivos nesses conceitos espontâneos. Se o aluno buscou explicações para um assunto, isso mostra no mínimo indícios de preocupação e curiosidade, podendo se constituir na predisposição defendida por Ausubel como um dos três itens necessários para a aprendizagem significativa.

Muito já se estudou sobre esse assunto e percebe-se que, na maioria das vezes, o ensino tradicional não tem sido suficiente para promover as mudanças necessárias sugeridas pelos autores citados no item anterior. Mas um professor pode utilizar-se desses conceitos alternativos para orientar suas práticas pedagógicas, admitindo que sejam subsunçores sobre os quais a aprendizagem se ancorará. CLEMENT (1982) sugere não ignorar esse saber do aluno, mas sim usá-lo como ponto de partida para a aprendizagem. Para isso, é importante que o professor encontre o momento oportuno para suas intervenções.

Mas como aproximar-se do aluno?

2.9 APRENDIZAGEM TOTALIZANTE

Segundo MASINI (1999, p. 56-57), críticas devem ser feitas às concepções de Ausubel. Para essa autora, existem mais coisas a serem levadas em conta na aprendizagem do que simplesmente aquilo que o aluno já sabe. Ela entende que priorizar os objetos intelectuais e o conhecimento em si revela uma crença de que se pode lidar com o cognitivo e com o conhecimento isoladamente do contexto de vida.

MASINI acredita que se deve lidar com o aluno na sua totalidade, ou seja, com o seu pensar, agir, seus valores e seus hábitos. Sem desprezar o cognitivo, ela vê, nas relações humanas e no afetivo, aspectos relevantes para a aprendizagem. É por isso que afirma:

As conclusões da pesquisa (...) evidenciaram a importância de se estar voltado para o aluno e buscar seus significados na sua maneira de ser no mundo, na totalidade de sua vida: em diferentes situações, compartilhando do que ele faz, diz, pensa e expressa em suas relações com pessoas e objetos. Essas conclusões assinalaram como era prioritário que o (a) professor(a) estivesse atento(a) não ao conhecimento de teorias e uso de técnicas, mas sim à sua relação com o aluno nas situações educacionais: como se percebia junto ao outro e como se percebia o outro nas situações apresentadas, para, então, definir os momentos em que as teorias e recursos poderiam contribuir para ampliar as possibilidades do aluno no seu pensar, sentir e agir. (MASINI, 1999, p. 91)

Foi a partir daí que Masini desenvolveu o conceito de Aprendizagem Totalizante. Trata-se da imbricação da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel com a aproximação daquele que ensina com aquele que aprende. Essa aproximação é entendida como um ato de estar aberto ao que o outro revela, buscando propiciar condições para que o aluno assuma seus próprios caminhos e, assim, possa se desenvolver. (MASINI, 1999, p. 92)

Tenho como crença pessoal que a predisposição em aprender, destacada por Ausubel, está vinculada ao tipo de relação estabelecida entre professor, aluno e disciplina, destacada por Masini.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA: UMA BUSCA “AUSUBELIANA”

Confesso: sou “ausubeliano de carteirinha”. Acredito na Teoria de Ausubel. Vejo nela um referencial pertinente para o ensino médio. É por isso que a utilizo em minha prática como professor, na medida do possível.

Porém, nesta dissertação, utilizo essa teoria não como método de trabalho objetivando o ensino, mas como forma de avaliação da aprendizagem significativa.

Com base nessa teoria, mas sem esquecer as relações humanas, meu trabalho busca saber se é significativa a aprendizagem do conceito físico de aceleração no primeiro ano do ensino médio.

Para isso, terei de responder a três perguntas, tiradas das três premissas de Ausubel: o material de aprendizagem é potencialmente significativo? O aluno está disposto a aprender significativamente? O aprendiz possui os subsunçores necessários para ancorar a aprendizagem?

Assim, após refletir sobre meu objetivo e maneiras de alcançá-lo, optei por escolher uma turma da primeira série do ensino médio, acompanhar as aulas que tratassem do assunto aceleração, analisar as provas bimestrais aplicadas pelo professor e aplicar dois questionários: o primeiro para levantar se os alunos possuíam os subsunçores necessários, e o segundo, para detectar se a aprendizagem do conceito físico de aceleração foi significativa.

3.1 CAMPO DE ESTUDO

Procurei a maior escola — em número de alunos — de ensino médio da rede estadual, na cidade de Curitiba. Tal escolha me permitiu encontrar, com maior facilidade, uma turma que se adequasse a três condições que julguei fundamentais. A primeira é que o professor de Física deveria ser licenciado nessa disciplina e, a segunda, é que ele tivesse mais de dez anos de magistério.

Essas duas primeiras condições devem-se à minha crença de que um professor com tal experiência não deveria ter sua segurança significativamente abalada pelo fato de um estranho — eu — acompanhar suas aulas. Além disso, acreditei também que, pela formação e pelos anos de trabalho, ele deveria ser

capaz de organizar suas explicações para que elas se constituíssem em materiais de aprendizagem potencialmente significativos.

A terceira condição, de grande importância para minha pesquisa, é que as aulas deveriam ser em horário que me possibilitasse acompanhá-las, pois precisava observar e registrar os principais fatos que envolvessem o processo de ensino-aprendizagem do conceito de aceleração.

Através de um amigo que trabalha nessa escola, tudo foi acertado com a coordenação de Física para que eu pudesse desenvolver minha pesquisa. Elegei um professor e uma turma que se enquadraram nessas condições.

Gentilmente, o professor escolhido concordou em colaborar com minha pesquisa e acertamos os detalhes para minha “intromissão” no dia-a-dia das aulas da turma que chamaremos de “X”. Escolhi chamá-la assim, pois nessa escola as turmas são designadas por letras. Evidentemente, que essa denominação não é verdadeira.

3.2 A “TURMA X”: A PRIMEIRA IMPRESSÃO É A QUE FICA?

Em princípio, qualquer indivíduo da “Turma X” podia fazer parte da pesquisa. Ela é composta de 44 alunos, sendo 26 meninas e 18 meninos. Na Tabela 1- p. 40 -, há uma listagem de todos os alunos com seus nomes e idade. Optei por dar nomes fictícios aos alunos, pois acho por demais fria a utilização de denominações como “sujeito 1”, “sujeito 2” ou AF, BM. Quanto ao professor, para não usar seu nome verdadeiro, escolhi chamá-lo de “Professor”, com inicial em letra maiúscula, como se esse fosse seu nome próprio.

Essas escolhas têm um motivo de cunho pessoal e emocional. Sinto necessidade de um pouco de calor humano, mesmo num trabalho científico. Este foi um dos motivos pelos quais escrevi esta dissertação em primeira pessoa.

Minha primeira observação foi numa quarta-feira, 24 de abril de 2002, durante a quarta aula do período vespertino.

A presença de uma pessoa diferente sempre interfere no andamento de uma sala de aula. Por isso, escolhi minha inserção no “cenário” para o dia da entrega das notas da prova do primeiro bimestre. Achei que, por ser uma aula atípica, os

alunos teriam a oportunidade de se habituar comigo e, assim, minha interferência nas aulas seguintes seria minimizada.

Quando entrei na sala, fiquei frustrado. Parece que nem fui notado, pois os alunos nem olharam para mim.

Após dar “boa tarde” para a turma, Professor me apresentou como sendo aluno do mestrado da UFPR e que durante um certo tempo estaria acompanhando as aulas. Num clima de brincadeira, ele disse que eu queria pesquisar o comportamento dos melhores alunos da escola e, por isso, os havia escolhido. Risos. Um aluno, o qual não pude identificar, disse: “então escolheu a sala errada”. Gargalhadas!

Enquanto o Professor arrumava seus materiais sobre a mesa, apagava a lousa e se preparava para fazer a chamada, a turma conversava de forma bastante descontraída. A sala estava um pouco quente. Talvez um dos motivos daquela pequena agitação fosse o calor. Naquele dia, o outono curitibano fugia de seus padrões típicos. Os termômetros registravam valores que mais se assemelhavam aos do verão na praia do que propriamente aos dos veranicos que antecedem o inverno. Os alunos que sentavam na fileira da janela tinham de segurar as cortinas que, vez ou outra, eram arremessadas para o alto por uma brisa que, apesar de incômoda, nos trazia um pouco de conforto. Com o passar do tempo, percebi que aquela agitação não estava relacionada ao calor. Era uma característica da turma.

Segundo o Professor, a turma é muito “questionadora”. Isso ficou evidente quando, já dentro da sala, alguns segundos depois da porta ser fechada, dois alunos chegaram atrasados, pediram licença e ele permitiu que entrassem. Imediatamente uma aluna sentada no fundo da sala falou em voz bem alta: “Injustiça! Outro dia eu cheguei atrasada e você não me deixou entrar. Ah, não!”.

Posteriormente, o Professor me disse que, num conselho de classe, os demais professores classificaram essa turma como a mais agitada (falam demais). Apesar disso, muitos alunos se destacam por suas notas altas.

Ao que parece, também tive sorte na escolha da turma. Durante minha primeira observação, houve uma interrupção para dar oportunidade a um grupo de alunos que compunha uma das chapas que disputavam as eleições do Grêmio Estudantil. Ao expor suas propostas, falando sobre a biblioteca, a representante da

chapa perguntou: “Quem tem hábito de ler livros?”. Imediatamente, seis alunos levantaram a mão. Ela disse: “Nossa! Esta turma é anormal! Até agora a sala que mais gente levantou a mão foram três”. Continuando a explanação, ela usou duas vezes a palavra “vestibular”, o que pode revelar uma preocupação dos estudantes dessa escola. Talvez os professores também se preocupem com exames seletivos, pois diversas vezes, ao longo das aulas que observei, o Professor também incentivou os alunos a se dedicarem mais por causa do vestibular.

Continuando a descrição da primeira aula, senti que nesse dia tudo correu de maneira muito descontraída. Após entregar as provas devidamente corrigidas, o Professor explicou na lousa como os problemas deveriam ter sido resolvidos.

Terminada a aula, observei, enquanto saía, que os alunos nem olharam para a minha cara. Posso estar enganado, mas me senti como se, para eles, eu fosse uma das carteiras da sala. Ninguém olha para uma carteira esboçando algum sentimento. Ela é simplesmente um objeto que está ali e pronto. Frustrado, “eu-carteira” fui para casa. Confesso que tive medo de não estabelecer vínculo com a turma e talvez, por isso, não conseguir receptividade para realizar minha pesquisa.

Nas aulas seguintes, eu já consegui reconhecer alguns rostos e associá-los ao seu nome. Alguns alunos em especial me chamaram a atenção ou por serem muito falantes, como era o caso do Lauro e da Marly, ou por serem compenetrados e darem respostas corretas às perguntas do Professor, como o Vicente, o João, o Gustavo, o Mário, o Flávio e o Wálter. Eles sentam em cadeiras próximas. Parecem formar uma espécie de elite intelectual da turma. Percebi também muita interação entre a Letícia e a Aline. Elas estão sempre trocando informações pertinentes às aulas, dando explicações uma para a outra.

Aparentemente, eu os estava conhecendo aos poucos, porém, para eles, eu continuava “carteira”.

A primeira conclusão de minha pesquisa é que “carteiras” podem ser conquistadas pelos alunos. Rapidamente eu me empolguei com a turma. Eles eram muito simpáticos, mas somente entre eles e entre eles e o Professor. “Carteiras” não fazem parte do grupo.

Sempre cordiais, as agitações típicas de adolescentes nunca atingiram níveis de malcriação para com o Professor. Pelo contrário, sempre demonstraram

respeito. Confesso que por muitas vezes o invejei, querendo aqueles alunos para mim.

Minha afetividade por eles crescia a ponto de me incomodar o fato de a Letícia, por diversas vezes, ter se encontrado comigo pelos corredores da escola e nem sequer ter me olhado. Eu tinha certeza de que ela já me conhecia, pois quase sempre me sentava perto dela. Ela me chamou a atenção não só por participar das aulas, mas principalmente pelo seu olhar e expressão fortes.

3.3 A METAMORFOSE

Certa vez, numa quarta-feira, o Professor me disse: “Não poderei vir nesta sexta-feira. Você quer usar esta aula?”. Pensei: “E agora?”. Preciso aplicar um questionário, mas ainda não o preparei adequadamente. Não terei tempo hábil para consultar meu orientador nem minha co-orientadora. Por isso, a razão dizia “não”, mas alguma coisa lá dentro dizia “sim” e, então, eu disse “sim”.

Quero deixar claro que até aquele momento nenhum aluno havia me dito um “oi”. De propósito, eu também não havia tomado a iniciativa. Estava esperando por eles.

Preparei um questionário e lá fui eu. Apesar dos meus vinte e dois anos de magistério, estava apreensivo. Na verdade eu estava era morrendo de medo! Estava com medo de eles me ignorarem, de eles responderem qualquer coisa. Eu temia que aprontassem a maior algazarra. Fiquei imaginando a diretora entrando na sala com as mãos na cintura dizendo: “O que está havendo aqui?”. Cheguei a sonhar com isso. Eu sabia que não tinha nenhuma autoridade sobre eles, afinal eu era só uma “carteira”.

Postado ao meu lado direito, o meu “eu” otimista tentou me convencer: “Você é experiente e por isso vai dar conta. São adolescentes. Você os ganha no papo.” Mas, do lado esquerdo, um outro eu, um pouco mais pessimista, dizia: “Você ainda não tem vínculo com eles. Por que te ajudariam? O que eles têm a ganhar ou a perder em te ajudar? Se eles te ignorarem, vai ficar por isso mesmo.”

Chegou o dia. Fui o primeiro a entrar na sala. Alguns alunos foram chegando e um deles me falou: “Será que eles vão deixar o senhor falar?”. Tremi

por dentro. Bateu o sinal. Aguardei os demais entrarem e, pela lista de chamada, observei que faltaram quatro dos quarenta e quatro que compunham a “Turma X”.

Comecei a explicar minhas intenções, falando sucintamente sobre minha pesquisa e pedindo a eles a gentileza de sua colaboração. No desenrolar da conversa, senti o “clima” mudando. Senti o “gelo” derretendo. Procurei ser respeitoso e mostrar que não se tratava de uma avaliação. Eu queria saber o que eles pensavam sobre o assunto. Fui bastante claro e incisivo ao afirmar que o Professor não teria acesso às informações. Elas seriam absolutamente sigilosas, por isso eles deveriam estar à vontade para expressar suas opiniões.

Percebi em seus olhares que minhas quatro pernas de “carteira” começavam a se transformar em membros humanos.

Eu estava preparado para tomar um cuidado muito especial: “...é preciso mostrar ao entrevistado que não se tenciona modificar ou criticar sua forma de ver o mundo, suas crenças e opiniões; ao contrário, que a relação que se inicia parte do respeito mútuo entre ambas as partes, as quais se reconhecem como diferentes entre si”. (ALBERTI, 1990, p. 54)

Esponetaneamente, o Lauro se dispôs a distribuir o material, enquanto eu respondia algumas perguntas que me fizeram sobre meu trabalho. Basicamente, eles queriam saber o que eu estava fazendo ali.

Quando todos estavam de posse do questionário, comecei a ler cada item, tirando as dúvidas que surgiam. Dava um tempo para responderem e passava para a pergunta seguinte. Eles ficaram em absoluto silêncio. Lauro, sentado na primeira carteira, deu uma olhadinha para trás e, em seguida, olhando para mim, disse: “Nossa, que silêncio! Nem parece a Turma X”. Abaixou a cabeça e continuou respondendo ao questionário.

As relações humanas são interessantes. Não sei explicar direito, mas no final daquela aula parecia que já tinham alguma simpatia por mim. Sem querer ser pretensioso, vou relatar uma frase que ouvi enquanto recolhia as folhas. Uma aluna disse para outra: “Esse professor é legal, né?”. Fiquei feliz, não só pelo legal, mas pelo vínculo. Ele seria necessário para a continuidade da pesquisa.

Após recolher o questionário, agradei a colaboração de todos e disse que gostaria de retribuir a gentileza que eles me dispensaram. Minha vontade era de lhes dar um presente “legal”, porém, de coração, pedi que aceitassem um pequeno “agrado”. Então, **e só então**, tirei da minha bolsa uma sacolinha com bombons “Sonho de Valsa”. Passei de carteira em carteira entregando o pequeno presente.

Eles foram muito educados. Agradeceram e, após comerem o bombom, vi muitos deles se levantando para jogar o papel no lixo. Passei a observar se algum aluno jogaria o papel no chão. Nenhum fez isso.

Como faltavam ainda alguns minutos para o término da aula, deixei-os à vontade. E senti que uma ligação afetiva começava a ser estabelecida. A Taísa pediu-me para ajudá-la a resolver um problema. Denise, além de me pedir uma explicação, disse que gostaria de cursar faculdade de Astrofísica, mas tinha dificuldades em Física e Matemática. A Soraia veio me contar que na cantina é vendida uma bala muito gostosa, de um sabor do qual não consigo me lembrar. Mas o que mais me chamou a atenção foi que Letícia, aquela que se encontrava comigo pelos corredores e não me cumprimentava, veio falar comigo. Ela disse que eu parecia com um artista da Globo, mas ela não lembrava o nome: “Chique no úrrrtimo”!

Aproveitando a receptividade, pedi a eles que me emprestassem a primeira prova de Física, deixando-os à vontade caso não quisessem que eu as visse. Imediatamente, muitos a tiraram da bolsa e me entregaram. Outros, espontaneamente, vieram até mim dizendo que as tinham deixado em casa, mas que posteriormente me trariam. Muitos cumpriram a palavra.

Na aula seguinte, fui recebido com muitos “ois”. Alguns sorriam a distância e, de seus lugares, acenavam para mim. Outros até me cumprimentaram com um aperto de mão. Fiquei feliz. Já não era mais uma “carteira”.

Percebi que cada aluno que eu chamava pelo nome, imediatamente, começava a me tratar de forma diferente. A Denise, por exemplo, certa vez, quando eu entrava na sala, literalmente me agarrou pelo braço e falou: “Senta aqui do meu lado hoje”. Enquanto o Professor se preparava para iniciar a aula, batemos um rápido “papo”. Ela perguntou que curso eu estava fazendo. Quando eu disse que era formado em Física e que fazia mestrado na UFPR, ela falou: “Nossa! Então você

deve ser um gênio!”. Eu apenas sorri e não disse nada, afinal para que acabar com as ilusões de uma adolescente tão simpática?

Certo dia, num momento de descontração, no finzinho de uma aula de laboratório, Joana me chamou para brincar de “jogo do sério” com sua equipe. Nessa brincadeira, os participantes devem ficar sérios. Quem rir... perde. Perdi o jogo, porém senti que ganhei. Acho que ganhei aquele tal de “rapport”.

O “rapport” é fundamental, em especial para que nos questionários eles me dissessem “a verdade”. Em pesquisas, é freqüente encontrar pessoas que não estão motivadas a responder as perguntas. Por isso, elas podem utilizar-se de evasivas ou respostas rápidas, sem “profundidade” e, talvez, até sem “verdade”. Já dizia Cícero, famoso orador romano: *“As palavras servem tanto para esclarecer, quanto para ocultar nossos pensamentos”*. Respostas falsas, motivadas por razões conscientes ou não, constituem-se num dos piores obstáculos a serem contornados, daí a importância de se estabelecer um “rapport”, pois, “na medida em que houver um clima de estímulo e de aceitação mútua, as informações fluirão de maneira notável e autêntica”. (LÜDKE; ANDRÉ, 1988, p. 34)

TABELA 1 - NOME. IDADE E NOTA DOS ALUNOS PARTICIPANTES DA PESQUISA

Nome	Idade	Prova - I
Adriana	14 a, 8 m	7
Aline	14 a, 11 m	3
Cláudia	16 a, 4m	-
Denise	16 a, 2 m	7
Dimas	14 a, 11 m	8
Eliana	15 a, 4 m	4
Eliza	15 a, 3 m	2
Fabício	-	7
Flávio	14 a, 8 m	1
Geovana	14 a, 11 m	4
Gabriel	15 a	8
Gustavo		7
Henrique	17	4
Janaína	15 a, 5 m	4
João	15 a, 1 m	7
Joana	15 a, 3 m	5
Kamila	14 a, 8 m	3
Kathy	15 a, 3m	5
Kátia		3
Laura	15 a, 7 m	5
Lais	15 a	4
Leda	15 a, 2 m	6
Leilane	14 a, 9 m	6
Letícia	15 a, 9 m	3
Lauro	15 a, 1 m	5
Luis	14 a, 9 m	7
Márcia	14 a, 6 m	7
Marly	15 a, 7 m	4
Mariza	14 a, 7 m	
Mário	15 a, 3 m	5
Melina	15 a, 3 m	7
Micaela	15 a, 11 m	1
Moema		2
Nayane	15 a, 6 m	6
Robson	15 a , 5 m	5
Ronaldo		2
Soraia	15 a , 1 m	4
Taísa	14 a, 9 m	7
Tales	14 a, 6 m	4
Vicente	15 a, 11 m	5
Wágner	15 a, 4 m	7
Wálter	15 a	4
Wanderley	14 a, 9 m	8,3
Wellington	14 a, 6 m	5,8
Média Geral		4,89

3.4 O PROFESSOR: AFETIVO E SIMPÁTICO

Lembro que, no dia da minha primeira observação, enquanto percorríamos os corredores em direção à classe, chamou-me a atenção o número de alunos que espontaneamente abordavam o Professor para cumprimentá-lo. Alguns até batiam suas mãos na dele, provocando um estalo alto e forte. Pelas expressões faciais, demonstravam uma certa intimidade e afetividade.

Apesar de estarmos ainda no final do primeiro bimestre, muitos estudantes já eram tratados pelo nome. Isso me chamou a atenção e perguntei ao Professor se ele já havia dado aulas para esses alunos em anos anteriores. Sua resposta foi negativa. Como nessa escola só há ensino médio, todos os alunos da primeira série eram novos, salvo alguns poucos que ficaram em dependência.

Vi algumas vezes ele puxando a mochila daqueles que caminhavam à sua frente e, disfarçando, olhava para o lado como se não fosse ele o autor da brincadeira. Porém, durante as aulas ele não admitia conversas, repreendendo com firmeza, mas sempre com educação e respeito, aqueles que conversavam durante as explicações. Nunca o vi perdendo a paciência ou ofendendo alguém.

Percebi bastante sensibilidade não apenas em seu relacionamento com seus alunos, mas principalmente para com as produções desses jovens. Por exemplo, no dia 12 de junho, Dia dos Namorados, durante o intervalo, foi apresentada, na sala dos professores, uma aluna do primeiro ano que havia ganhado um concurso de poesias. Devido à data, essa juvenzinha brindaria a todos com uma poesia de sua própria autoria, cujo tema era o amor.

Quando entrou na sala, sua aparência de imediato chamou a atenção. Muito bonita, de pele morena cor de jambo, usava trancinhas enfeitadas com fitas coloridas. Desembaraçada, ela recitou, divinamente, um texto de beleza surpreendente para alguém de sua idade.

Vi quando o Professor começou a passar o dedo por debaixo dos óculos, enxugando as lágrimas que a pequena poeta lhe arrancou. Confesso que também não resisti.

Quando ela terminou, eu disse a ele: “é difícil não se emocionar com essa garotada”. Ele enxugou a última lágrima e me disse que o que mais “mexia” com

seus sentimentos era a potencialidade surpreendente de muitos desses jovens. É por isso que, duas vezes por semana, no horário de almoço, entre as aulas da manhã e da tarde, ele permanecia no colégio. Em vez de descansar, ficava tirando dúvidas de seus alunos. Detalhe: sem ganhar nada por isso. Ele disse ter prazer em promover aqueles que querem “ir além” em sua aprendizagem em Física.

Durante o tempo em que acompanhei suas aulas, por quatro vezes ele teve de viajar a serviço da escola, acompanhando alunos do terceiro ano em viagens com objetivos educacionais. Para que os alunos do primeiro ano não perdessem aulas, ele marcou reposição num sábado. No dia em que ele me contou que faria isso, estávamos na sala dos professores. Um colega, sentado ao lado dele, disse: “Só você mesmo para fazer isso”.

O ‘calor’ do professor aumenta significativamente os resultados da aprendizagem nos alunos. Isto é particularmente verdadeiro no caso de alguns alunos ‘satélites’ cuja orientação motivacional para a aprendizagem exemplifica o motivo de afiliação e que se relacionam com o professor como se ele fosse um substituto dos pais. O entusiasmo, a imaginação ou a excitação do professor em relação ao assunto que leciona é outra variável que está significativamente relacionada com a eficiência do professor. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 416)

Acredito que essa afetividade, essa preocupação e a dedicação de um professor não devem passar despercebidas pelos alunos. Sem uma relação que envolva consideração e respeito mútuo, é difícil lidar com cognição e aprendizagem. O calor humano pode ser um item motivador nesse processo de interação. Acredito ser esse um componente importante para que um professor possa fazer o seu papel de facilitador e organizador. “Se a dimensão cognitiva é fundamental, a afetivo-social é determinante, vital; sem esta última, nenhuma das outras acontecerá. No começo, é a relação”. (BUBER² *apud* LUZ, 1993, p. 32)

Em seu trabalho **A tetradimensionalidade na didática: uma avaliação sociométrica de currículo**, LUZ (1993) faz uma análise da relação que alunos do curso de magistério têm com a disciplina “Didática”. Entre outros fatores, ela detectou os efeitos do vínculo afetivo professor-aluno interferindo na relação aluno-disciplina.

²BUBER, M. **Eu e tu**. 2. ed. São Paulo: Cortez e Moraes, 1979.

Na 3ª série, percebe-se, também, depoimentos bastante controversos, o que pode ser explicado na releitura das matrizes. Duas professoras responderam pela disciplina na série: uma com maior experiência e domínio de classe, tendo desenvolvido um forte vínculo afetivo de tal forma que este se fez presente durante todo o tempo de avaliação. A outra, menos experiente, sem haver estruturado sua dimensão afetivo-social com a classe via construção-reelaboração de conhecimentos significativos, contribuiu para uma representação inadequada da Didática, ... (LUZ, 1993, p. 60)

De uma certa forma, a valorização desse vínculo também está implícita no trabalho de Masini, intitulado **Aprendizagem Totalizante**. Esse conceito “imbrica Aprendizagem significativa e ‘Aproximar-se’. Aproximar-se entendido como uma maneira de estar aberto para o que o outro revela”. (MASINI, 1999, p. 92)

... a possibilidade de entender é que constitui a essência da existência humana; é pelo entendimento que as coisas podem ‘ser’ ou ter significado no mundo do ser humano; é pela percepção humana que as coisas ao redor são tematizadas. Essa união da percepção e do entendimento é que tornam possível o ‘ser’ ou ‘significar’. (...) O ‘aproximar-se’ constitui uma maneira de estar aberto para o significado. (...) Assim, os significados se manifestam na existência humana não só através da possibilidade de ‘entendimento’, como também graças à possibilidade do ser humano de aproximar-se do Outro, ou das coisas a seu redor para essa percepção. (MASINI, 1999, p. 72-73)

Observei que o Professor tinha uma boa relação com a “Turma X”. Ele era “professor representante” dessa turma, eleito pelos próprios alunos. “Os estudos de MOLLO³ (1979), por exemplo, atestam que as representações que alunos e professores fazem, reciprocamente, de si e do outro conduzem as suas relações pedagógicas. ALBERT⁴ (1986) observou que as funções do professor são potencializadas, em sua eficácia, quando ele é percebido favoravelmente pelo aluno”. (PEDRA, 1997, p. 27)

O Professor, enquanto representante da turma, tem o papel de orientar, zelar pela disciplina da sala e discutir com a turma o dia-a-dia de suas atividades estudantis, como, por exemplo, a escolha de um aluno representante da sala.

³ MOLLO, S. **A escola na sociedade**. Lisboa: Edições 70, 1979.

⁴ ALBERT, E. M. **El alumno y el profesor: Implicaciones de una relación**. Murcia: Secretariado de publicaciones Universidad de Murcia, 1986.

Certa vez, a orientadora educacional interrompeu a aula para dar um aviso. O Professor havia levado para a direção o nome de uma aluna para ser a representante de classe, porém os demais professores não concordaram. Alegaram que ela falava muito durante as aulas e, por isso, queriam pensar em outro nome. Após sairmos da classe, ele me disse que havia indicado aquela aluna, pois ela é líder. “Ela fala e os outros vão atrás dela. Ela tem iniciativa”. Percebi que, mesmo havendo uma limitação no relacionamento, devido a poucas horas de contato semanal, ele mostrou ter conhecimento do perfil de seus alunos ou, pelo menos, de alguns deles. A indicada por ele para ser representante não tinha a Física como matéria preferida. Além disso, ela tirou nota muito baixa na primeira prova bimestral (1,0). Interpreto que sua indicação não foi tendenciosa, ou seja, ele não a escolheu pelo seu desempenho em Física. Ele a escolheu pelo seu perfil de líder.

4 AVERIGUANDO AS CONDIÇÕES PARA QUE A APRENDIZAGEM SEJA SIGNIFICATIVA

4.1 O MATERIAL DE APRENDIZAGEM É POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO?

De acordo com a Teoria de Ausubel, para que a aprendizagem seja significativa é necessário que o material seja potencialmente significativo. Isso significa que ele deve ser lógico o suficiente, para que aquele que possua os subsunçores necessários seja capaz de compreendê-lo.

Como o Professor não adota livro didático, parti do pressuposto de que o principal material de aprendizagem é sua aula.

Isso aumenta a responsabilidade do Professor, afinal é ele quem organiza e fornece as informações, passando-as verbalmente em suas exposições ou ditando para que os alunos anotem em seus cadernos. Outro recurso utilizado pelo Professor são os resumos colocados na lousa e uma lista de exercícios que ele selecionou e deixou à disposição de todos para serem tiradas cópias.

Para avaliar se esses materiais eram potencialmente significativos, assisti às aulas que trataram diretamente do conceito de aceleração. Registrei os pontos principais da fala do Professor, bem como os resumos teóricos e exercícios ditados ou passados no quadro. Além disso, providenciei uma cópia da lista de exercícios para uma posterior análise.

Além de todos esses materiais, é possível que alguns alunos lancem mão de outros. Para averiguar quais são os mais utilizados, coloquei a seguinte pergunta num dos questionários:

12) Como você estuda para as provas de **Física**? ⁵ Assinale com um "X" todas as alternativas que fazem parte de suas práticas de estudo.

- ☐ uso as anotações e exercícios do caderno;
- ☐ uso os roteiros de experiências das aulas de laboratório;
- ☐ uso a lista de exercícios (xerox);
- ☐ uso os livros da biblioteca (ou da escola ou da Biblioteca Pública);

⁵ Esta pergunta faz parte do Questionário II, vide Anexo 2.

- () uso os livros que tenho em casa (próprios ou emprestados);
- () tenho aulas com professor particular;
- () estudo com colegas;
- () Outros. Especifique: _____.

A Tabela 2 mostra o número de alunos que assinalaram cada item e o percentual correspondente.

Ficou claro que as anotações feitas no caderno e a lista de exercícios (xerox) – são os itens mais utilizados.

Dos 30 (trinta) alunos⁶ que responderam à questão sobre os materiais de estudos, 1 (um) respondeu que usa os livros da biblioteca e 10 (dez) utilizam livros próprios. Apenas 1 (um) aluno procura professor particular e 2 (dois) outras formas, como *internet* e a ajuda do pai. Achei significativa a quantidade de alunos que estudam e tiram dúvidas com colegas (63,3%). Acredito que esses itens também interfiram na aprendizagem, mas por questão de recorte não os analisarei. A Tabela 3 mostra uma síntese dos resultados obtidos.

TABELA 2 - MATERIAIS DE ESTUDO UTILIZADOS PELOS ALUNOS

MATERIAIS DE ESTUDO	Nº de alunos	Percentual (%)
Anotações e exercícios do caderno	28	93,3
Lista de exercícios (xerox)	19	63,3
Roteiros de experiências das aulas de laboratório	4	13,3
Livros da biblioteca (ou da escola ou da Biblioteca Pública)	1	3,3
Livros que tenho em casa (próprios ou emprestados)	10	33,3
Professor particular	1	3,3
Estuda com colegas	19	63,3
Outros	2	6,7
Total	30	100

⁶ O Questionário II foi respondido por apenas 30 alunos. Os demais faltaram no dia em que ele foi aplicado.

TABELA 3 - MATERIAIS QUE OS ALUNOS UTILIZAM PARA ESTUDAR PARA AS PROVAS

	Caderno	Xerox lista de exerc.	Roteiro de experiências	Livros da biblioteca	Livros próprios	Prof part.	Colegas	Outros
Adriana	s			s	s		s	
Aline	s	s	s		s		s	
Cláudia	-	-	-	-	-	-	-	-
Denise	s						s	
Dimas	s	s	s					
Eliana	s	s			s			
Eliza		s						
Fabício	s	s			s			
Flávio	-	-	-	-	-	-	-	-
Geovana	s							
Gabriel	s	s					s	
Gustavo	-	-	-	-	-	-	-	-
Henrique	s						s	
Janaina	-	-	-	-	-	-	-	-
João	s	s	s					
Joana	-	-	-	-	-	-	-	-
Kamila	s	s					s	
Kathy	s	s			s			internet
Katia	-	-	-	-	-	-	-	-
Laura	s	s					s	
Laís	s				s		s	
Leda	-	-	-	-	-	-	-	-
Leilane	s						s	
Leticia	-	-	-	-	-	-	-	-
Lauro	s				s		s	
Luís	s	s			s		s	
Márcia	s				s		s	pai
Marly	s	s					s	
Mariza	s	s						
Mário	s	s			s		s	
Melina	s							
Micaela	-	-	-	-	-	-	-	-
Moema	-	-	-	-	-	-	-	-
Nayane	s	s	s				s	
Robson	s	s					s	
Ronaldo	s						s	
Soraia	s	s					s	
Taísa						s		
Tales	-	-	-	-	-	-	-	-
Vicente	s	s						
Wágner	s	s					s	
Wálter	-	-	-	-	-	-	-	-
Wanderley	-	-	-	-	-	-	-	-
Wellington	-	-	-	-	-	-	-	-
Número de alunos que assinalaram o item	28	19	4	1	10	1	19	2
%	93,3	63,3	13,3	3,3%	33,3	3,3	63,3	6,7

4.1.1 Como o Professor Tratou o Tema Aceleração

Relato, neste item, a exposição verbal do Professor e os resumos colocados na lousa ou ditados. Aliás, cabe salientar que os esquemas que o Professor montou no quadro, assim como seu texto verbal, eram muito organizados. Além disso, sua letra era legível e bonita, tendo também o hábito de utilizar giz colorido para destacar os pontos que julgava importantes.

O assunto aceleração foi iniciado nos últimos minutos de uma determinada aula. O Professor introduziu o tema pedindo aos alunos exemplos de situações em que a velocidade de um móvel é constante. Os alunos responderam: velocidade do Sol, da Lua, do relógio, das ondas de rádio. O Professor perguntou se eles sabiam qual era a velocidade das ondas de rádio. Ninguém respondeu. Ele disse 300.000 km/s. Uma aluna, que não pude identificar disse: “Nossa!”. Pela sua expressão, ela deve ter entendido o quão grande é tal velocidade.

Continuando, o Professor começou com um exemplo de um carro diante de um sinaleiro fechado. Quando abre o sinal, o carro parte, e a velocidade vai aumentando de valor. De uma certa forma, segundo a Teoria de Ausubel, esse texto inicial pode ser considerado como um organizador prévio.

A seguir ele pergunta: “Qual a grandeza responsável por medir essa variação de velocidade?”. Ele mesmo responde: “aceleração”.

Ele usou adequadamente o termo: medir! Aceleração não é o agente físico responsável pela variação da velocidade. Trata-se de um número que expressa, que mede, a variação da velocidade em função do tempo. Quem provoca variações na velocidade é a grandeza força.

No diálogo abaixo, “P” representa o Professor e “A” representa alunos, os quais não consegui identificar, pois muitos respondiam ao mesmo tempo.

P: “O que mede a aceleração?”

A: “O aumento ou a diminuição da velocidade.”

P (complementa): “no intervalo de tempo. Quando se pisa no acelerador, a velocidade aumenta. Quando se pisa no freio, a velocidade diminui.”

O Professor ditou para alunos anotarem no caderno: “Aceleração é a grandeza responsável pela variação rápida ou lenta da velocidade.”

Em seguida, ele colocou na lousa a fórmula ($a = \Delta v / \Delta t$) e disse: “Esta é a definição de aceleração. Esta é a formuleta que ajuda a definir a grandeza aceleração”. Essa colocação foi adequada, afinal aceleração é uma grandeza definida, inventada por Galileu.

Continuando suas explicações, o Professor voltou ao exemplo do carro parado, dizendo que, quando o motorista pisa no acelerador, a velocidade aumenta até certo valor. “Se pisar fundo, a variação da velocidade aumenta mais ainda. Qual aceleração é maior? Meio pé ou pé no fundo?”. Os alunos responderam pé no fundo. Bateu o sinal.

Na aula seguinte, ele retomou de onde parou e começou a tratar da unidade de medida do conceito físico de aceleração. Mostrou primeiro a unidade SI (Sistema Internacional) — m/s^2 — e depois pediu aos alunos que dessem outros exemplos de unidades. Muitos participaram e acertaram, colocando exemplos como km/h^2 e km/dia^2 .

P: “Qual é a interpretação que a aceleração te dá? Eu não quero que vocês decorem esta fórmula. Vejam este exemplo:”

Então ele escreveu na lousa:

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

P: “O que significa dizer isto? Um corpo que está se movendo no campo gravitacional, a cada segundo, a velocidade dele varia 10 m/s.” Em seguida, ele completou no quadro: “ $g = 10 \text{ m/s/s}$ ”.

P: “Se eu abandonar um corpo, depois de 1 segundo, qual vai ser a velocidade dele?”

A: “10 m/s”

P: “E depois de 2 s, qual vai ser a velocidade dele?”

Houve um silêncio. O Professor foi até a lousa e montou um esquema:

$$v_0 = 0$$

↓ passado 1 s do início

$$v_1 = 10 \text{ m/s}$$

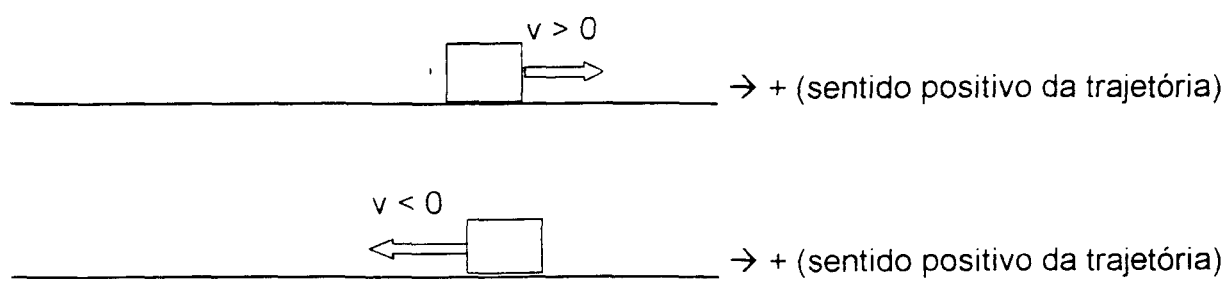
↓ passado mais 1 s, ou seja, 2 s do início

$$v_2 = 20 \text{ m/s}$$

P: "Eu não quero que você só saiba mexer com a fórmula. Eu quero que você saiba o que a grandeza te dá."

Em seguida, ele ditou dois exercícios de aplicação da fórmula, ambos tratando de situações em que a velocidade aumenta com o passar do tempo. Após alguns minutos, efetuou a correção na lousa.

P: "Só relembrando o passado:"



O Professor lembrou esse assunto, estudado no primeiro bimestre. Na sequência, explicou que o mesmo critério é usado para a aceleração, ou seja, se ela estiver no mesmo sentido da orientação positiva da trajetória seu sinal é positivo e, se estiver no sentido contrário, negativo.

Voltando ao exemplo do semáforo, da aula anterior:

P: "Quando o sinal está aberto, como se sabe que tem aceleração? É porque a velocidade está variando. E quando o sinal fecha, tem aceleração?"

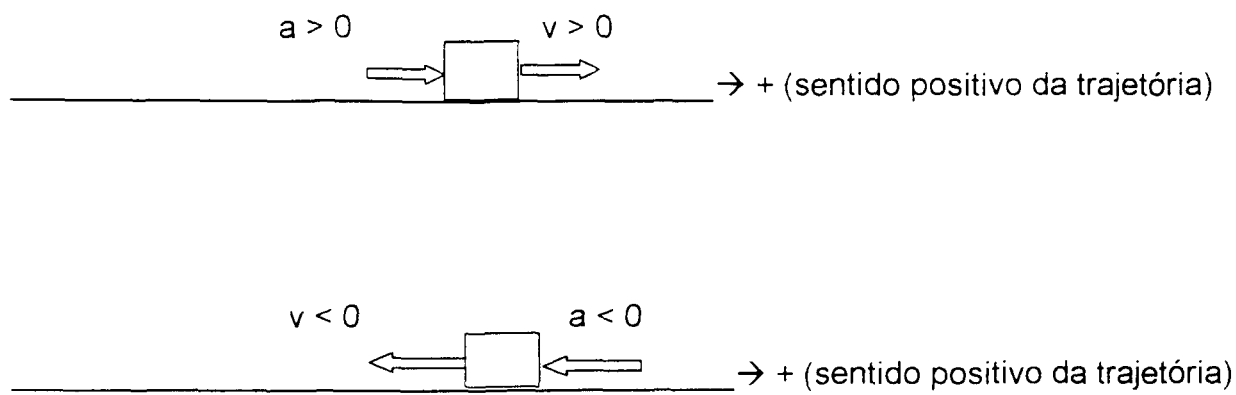
Após dizer aos alunos que há também aceleração no segundo caso, ele falou que "ora a aceleração provoca aumento da velocidade, ora diminuição".

P: "Existem dois tipos de movimento (e começou a ditar): a) movimento acelerado: é aquele no qual o módulo da velocidade aumenta no decorrer do tempo. Para que isso ocorra devemos ter a velocidade e a aceleração com o mesmo sinal".

Em seguida, colocou o seguinte esquema na lousa:

movimento acelerado $\Leftrightarrow v \cdot a > 0$

Para explicar o significado desse quadro, o Professor utilizou o esquema a seguir (desenho), enquanto explicava que o produto da velocidade pela aceleração deve ser positivo, ou seja, maior que zero, para que o movimento seja acelerado.



Continuando:

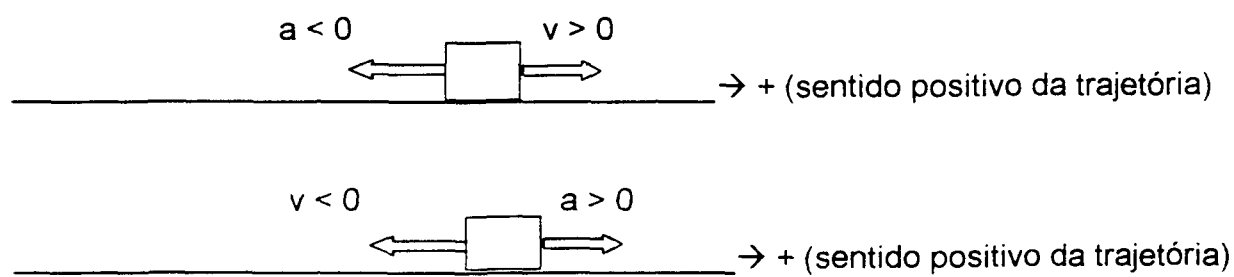
P: "Quando vocês ouvem retardado, vocês se lembram de que? Só não vale dizer que é do professor de Física." (risos)

A: "Diminuindo."

Ele ditou: "b) movimento retardado: é aquele no qual o módulo da velocidade diminui no decorrer do tempo. Nesse caso, devemos ter a velocidade e a aceleração com sinais contrários."

movimento retardado $\Leftrightarrow v \cdot a < 0$

Para explicar o significado desse quadro, o Professor utilizou o esquema a seguir (desenho), enquanto explicava que o produto da velocidade pela aceleração deve ser negativo, ou seja, menor que zero, para que o movimento seja retardado.



Resumindo toda a explicação, o Professor disse:

P: "Um movimento é acelerado quando o módulo da velocidade aumenta, conseqüentemente a velocidade e a aceleração têm o mesmo sinal. O movimento é retardado quando o módulo da velocidade diminui, conseqüentemente a velocidade e a aceleração têm sinais contrários".

Como faltavam poucos minutos para o sinal, a aula foi encerrada nesse ponto. No encontro seguinte, ele começou o estudo do movimento uniformemente variado, assunto que utiliza o conceito de aceleração.

A aula do Professor segue o padrão da maioria dos livros didáticos. Ela possui significado lógico, o que, segundo Ausubel,

raramente, ou praticamente nunca, está ausente nas tarefas de aprendizagem escolar, uma vez que o conteúdo disciplinar acadêmico, quase que por definição, é logicamente significativo. As disciplinas escolares quase sempre representam a nossa interpretação cultural de algum aspecto do mundo real ou algumas construções lógicas (como a matemática), que, portanto, têm necessariamente um sentido lógico. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 36)

Outros autores pensam de modo similar:

Durante as últimas décadas, os programas escolares foram adaptando progressivamente a complexidade conceptual dos conteúdos propostos, e sua ordem de apresentação, ao nível de desenvolvimento médio dos alunos e, portanto, à sua capacidade de aprendizagem. Ainda que uma análise minuciosa dos programas atuais permitisse detectar, provavelmente, a persistência de alguns desajustes, em termos gerais, o grau de adequação que se conseguiu é bastante alto. O papel desempenhado pela psicologia genética no alcance desta conquista foi, sem qualquer sombra de dúvida, de primeira importância. Contudo, a adequação dos conteúdos às competências cognitivas dos alunos é *um recurso didático que apresenta algumas limitações claras*. A primeira limitação tem sua origem no fato de que as idades médias em que se alcançam os níveis sucessivos de competência cognitiva apresentam somente um indicativo. Ainda que a ordem seja constante para qualquer sujeito, não é estranho encontrar variações – atrasos ou avanços relativamente à idade média – de até três ou quatro anos, segundo o meio sócio-cultural e a história pessoal dos sujeitos. Deste modo, a seqüenciação dos conteúdos sobre a base da média das idades em que os alunos alcançam as competências cognitivas necessárias para a aprendizagem pode dar lugar a desajustes importantes, quando se aplica a casos particulares. (COLL; MARTÍ, 1996, p. 117)

O Professor ofereceu aos alunos a possibilidade de aprenderem o conceito físico de aceleração. Essa minha crença se deve ao fato de o material de aprendizagem – a sua explanação – ter características não arbitrárias. Não arbitrária por não ser aleatória, ou seja, seguiu a seqüência lógica da disciplina Física.

Por isso, julgo que o discurso do Professor se constituiu num material de aprendizagem potencialmente significativo.

Quanto aos exercícios resolvidos em sala, embora não tenha sido indicada uma bibliografia para que os alunos adquirissem, o Professor seguiu um determinado livro⁷, usando-o como um guia e dele tirando a maioria dos exercícios.

Os exercícios tinham um enfoque puramente matemático: fórmulas, cálculos e resultados numéricos. Não foram utilizados exercícios qualitativos, que envolvessem análise e discussão de situações e cuja resposta fosse um texto.

Apesar dessa característica referente aos exercícios propostos, durante as exposições o Professor provocou rápidas discussões, fazendo perguntas que sugerem respostas curtas por parte dos alunos. Assim, dentro das limitações impostas pelo tempo, foi dada a oportunidade para que os aprendizes colocassem suas concepções sobre o assunto. Muitas vezes, quando alguém fazia uma pergunta, o Professor devolvia para os demais, mantendo um clima mais participativo.

Segundo AUSUBEL,

Mesmo quando se dá muita ênfase ao ensino expositivo torna-se necessária alguma discussão para que os estudantes possam receber a retroalimentação apropriada e caso o professor deseje verificar se a turma está compreendendo o material. A escolha entre os métodos expositivo e de discussão depende de fatores administrativos, como o tamanho da turma, a personalidade do professor e de o fato do tópico em questão ser mais ou menos factual ou controvertido. Quando o número de alunos para o professor é muito grande, a aula expositiva é geralmente usada e facilmente adaptável. Ao considerar variáveis de personalidade, alguns professores são mais capazes do que os escritores de livros-texto de interpretar, integrar e juntar materiais espalhados em diversas fontes e de apresentar pontos de vista alternativos de modo altamente organizado e incisivo, embora sejam relativamente incapazes de dirigir ou sintam-se muito pouco à vontade na direção de uma discussão. Outros são exímios em orientar uma discussão em vias produtivas ou em usar um tipo de questionamento socrático. As vantagens singulares da discussão, especialmente controvertidas e mal estabelecidas, foram descritas em outro contexto. Não podemos deixar de enfatizar, porém, que as técnicas de discussão não podem aumentar os resultados da aprendizagem numa dada área a não ser que os alunos possuam a informação de fundo necessária, que é um pré-requisito para uma discussão inteligente e bem informada. Quando esta condição pré-requisito não existe, a discussão, compreensivelmente é pouco mais do que um compartilhar da ignorância, preconceito, lugares-comuns, noções preconcebidas e generalidades imprecisas. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 422-423)

⁷ BONJORNIO, R. A. et al. **Física completa**. São Paulo: FTD, 2000.

Mas, apesar de alguns momentos de discussão, de perguntas e respostas, prevaleceu o enfoque mais matemático, de aplicações de fórmulas.

4.1.2 A Lista de Exercícios

No anexo 3, há uma cópia da lista de exercícios – xerox – que o Professor disponibilizou. Mais da metade dos alunos (63,3%) a utilizam em seus estudos e, por isso, algumas considerações devem ser feitas. Ela é constituída por exercícios de aplicação de fórmulas. Todos os exercícios envolvem cálculos matemáticos. Não há exercícios em que o aluno tenha de fazer uma reflexão qualitativa e dar uma resposta na forma de um texto, ou mesmo testes de múltipla escolha, em que se tenha de escolher uma opção entre outras. Esses exercícios foram selecionados pelo Professor a partir daquele livro que ele segue. Aliás, o próprio livro tem esse mesmo enfoque mais matemático na maioria esmagadora dos exercícios que propõe.

Cabe lembrar que o conteúdo que estava sendo estudado, a Cinemática, tem naturalmente um enfoque mais matemático. A Cinemática pode ser encarada como uma descrição matemática do movimento. Porém, isso não impede a utilização de problemas qualitativos. O enfoque matemático parece ser uma característica do Professor.

Licenciado em Física em 1984 por uma Universidade Federal, tem também licenciatura em Ciências e em Inglês pela mesma Universidade. Enquanto fazia Física, estudou paralelamente Engenharia Elétrica até o quarto ano, abandonando este curso para dedicar-se exclusivamente ao magistério.

Certa vez, o Professor me disse que, quando era menino, costumava admirar seu pai deitado na rede e embaixo dela um amontoado de livros. Ele era juiz de direito e também dava algumas aulas de Matemática. Contou-me que se sentia atraído por aquelas equações que seu pai usava e ensinava. Elas serviram de estímulo, ajudando-o a definir sua profissão.

Em várias de nossas conversas, ele demonstrou paixão pela Matemática. Usou frases como “na faculdade eu gostava muito de cálculo”, “um dos motivos de eu abandonar Engenharia e fazer só Física é que esta usa mais cálculo”, “eu prefiro

o livro X ao Y porque ele (o primeiro) usa mais Matemática e a Física não pode se desvincular da Matemática”.

Percebi, em muitas de suas explicações, uma tradução da linguagem matemática em esquemas que ligam as equações a situações reais e vice-versa. Numa certa aula, ele disse aos alunos: “A Física pega a Matemática e interpreta”. Em outra oportunidade, colocando a equação horária do movimento uniformemente variado no quadro, ele perguntou para a turma: “Para que serve esta equação? Ela é um instrumento matemático que serve para quê?”

Em todas as suas aulas, houve um predomínio da discussão matemática das equações e gráficos. Os problemas propostos aos alunos em sala e os da lista — xerox —, eram do tipo em que se coleta números dados no texto para serem colocados numa fórmula. Após efetuar os cálculos, chega-se a um resultado numérico, algumas vezes interpretado quanto ao seu significado. As provas bimestrais também mantiveram essas mesmas características.

Segundo PEDRA,

O professor é detentor de um conhecimento, mas de um conhecimento que não é interpretado na neutralidade. Sua história pessoal, suas crenças e suas representações atuam como filtros interpretativos que dão direção e sentido ao conhecimento que transmite. Disso dão-nos conta as investigações de Mollo⁸ (1978) e Albert⁹ (1986). Toma-se, por exemplo, o caso da matemática, uma ciência considerada por muitos como infensa a interpretações senão as que ela mesma propõe. Pois é desta mesma matemática, diz D'Ambrósio¹⁰ (1990), que os educadores se utilizam para ensinar os alunos a acreditar que as pessoas e as instituições se organizam em hierarquias de poder de acordo com sua capacidade matemática. (PEDRA, 1997, p. 84)

O Professor demonstrou preparo e segurança no exercício de sua função. Em determinadas ocasiões, durante as explicações, ele fez aproximações dos números com o mundo real. Como exemplo, cito um problema que tratava da velocidade de um ciclista, cujo valor era de 14 m/s. Ele perguntou para a turma se essa velocidade era grande ou pequena para um ciclista. Como não obteve resposta, começou a estimar, junto com os alunos, qual seria a distância de 14 m. Comparando com as dimensões da sala de aula, chegaram à conclusão de que

⁸ MOLLO, S. **Os mudos falam aos surdos**. Lisboa: Estampa, 1978.

⁹ ALBERT, E. M. **El alumno y el profesor**. Murcia: Secretariado de publicaciones Universidad de Murcia, 1986.

¹⁰ D' AMBRÓSIO, U. **Etnomatemática**. São Paulo: Ática, 1990.

seria aproximadamente o comprimento de duas salas de aula. Essa distância deveria ser percorrida em 1 segundo. Todos concordaram que, para um ciclista, essa velocidade é alta.

Esse gosto do Professor pela Matemática pode servir de filtro, como o citado por Pedra, atraindo alunos que, como ele, também a apreciem.

Colocamos num dos questionários a seguinte pergunta:

5) Faça um “X” dentro do parênteses, indicando a disciplina que, em sua opinião, está mais associada à **Física**¹¹:

() Português () Inglês () História () Geografia () Matemática
() Física () Química () Biologia () Filosofia () Sociologia

Em princípio, parece óbvio que Física seja associada à Matemática ou à Química. A Matemática, por exemplo, para muitos é uma matéria penosa, difícil e chata. Quem a vê dessa maneira provavelmente não a apreciará. Se tal pessoa associá-la à Física, haverá uma possibilidade de também não gostar da Física. Isso pode interferir negativamente na predisposição em aprendê-la significativamente. Mas o contrário também pode ser verdadeiro.

Dos 40 alunos que responderam a essa pergunta, 37 alunos (92,5% da sala) associaram Física à Matemática. Apesar dessa relação ser natural, acredito que a postura do Professor reforce tal associação e talvez atraia para a Física aqueles que apreciam a Matemática. A Tabela 6, p. 62, mostra as respostas dadas pelos alunos.

4.1.3 As Aulas de Laboratório

Durante o tempo que acompanhei as aulas, ocorreram duas atividades no laboratório. Uma sobre movimento uniforme, no qual não há aceleração, e uma sobre movimento uniformemente variado, em que o conceito de aceleração se faz presente.

¹¹ Esta pergunta faz parte do Questionário I – vide Anexo 1

A escola só dispunha de um equipamento para as experiências, assim todas as equipes compartilharam os mesmos materiais e, para agilizar, cada equipe fez uma medida e colocou o valor obtido num quadro para que todos utilizem tais dados.

Posteriormente, cada aluno, de posse dos dados, devia construir gráficos, fazer alguns cálculos e responder a perguntas qualitativas que exigiam uma reflexão não propriamente matemática. Infelizmente, em nenhum momento esses resultados foram discutidos. Observei alunos copiando os relatórios dos colegas, entregando assim para o Professor, portanto, respostas sem reflexão. Por isso, não usei os relatórios em minha pesquisa.

No anexo 4, há o roteiro da segunda experiência citada, em que o conceito de aceleração está envolvido.

4.1.4 O Material é Potencialmente Significativo

Por todas as razões apresentadas no item 4.1, parto do princípio de que o material apresentado pelo Professor tem a lógica necessária para ser potencialmente significativo.

4.2 O ALUNO ESTÁ DISPOSTO A APRENDER DE FORMA SIGNIFICATIVA?

É muito difícil responder a essa pergunta. Porém, podemos avaliar o interesse que o aluno possui por uma dada disciplina.

Mesmo que o educando demonstre interesse por uma determinada matéria, não há como garantir que ele possua predisposição em aprender. Mas havendo interesse, e quem sabe prazer em estudar um determinado assunto, é possível que haja uma relação afetiva com a disciplina. Isso pode contribuir para que a aprendizagem seja significativa.

... um evento educativo é também acompanhado de uma experiência afetiva. Aliás, uma das condições para a aprendizagem significativa, segundo Ausubel e Novak, é que o aprendiz apresente uma predisposição para aprender, (...). Esta predisposição está intimamente relacionada com a experiência afetiva que o aprendiz tem no evento educativo. A hipótese de Novak é que a experiência afetiva é positiva e intelectualmente construtiva quando o aprendiz ganha em compreensão; reciprocamente, a sensação afetiva

é negativa e gera sentimentos de inadequação quando o aprendiz não sente que está aprendendo o novo conhecimento, ou a nova experiência de aprendizagem. Predisposição para aprender e aprendizagem significativa guardam entre si uma relação praticamente circular: a aprendizagem significativa requer predisposição para aprender e, ao mesmo tempo, gera esse tipo de experiência afetiva. (MOREIRA, 1999, p. 40)

Presumo que, se a Física estiver entre as matérias preferidas de um determinado aluno, haverá maior tendência de ele se interessar em aprendê-la significativamente.

Na tentativa de levantar esse interesse, num dos questionários aplicados foram feitas as seguintes perguntas¹², cujas respostas estão na Tabela 6.

3) Das disciplinas que você está estudando este ano, coloque o número 1 (um) na frente daquela que você **mais** gosta, o número 2 (dois) na frente da segunda que você **mais** gosta e 3 (três) na frente da terceira que você **mais** gosta?

() Português () Inglês () História () Geografia () Matemática

() Física () Química () Biologia () Filosofia () Sociologia

4) Das disciplinas que você está estudando este ano, qual você **menos** gosta? Coloque um "X" na frente dessa disciplina.

() Português () Inglês () História () Geografia () Matemática

() Física () Química () Biologia () Filosofia () Sociologia

6) Em relação à Física, numa escala de 0 a 7, que nota você daria para o seu prazer em estudar essa disciplina?

Considere **zero = odeio Física** e **7 = gosto muito de Física**.

Faça uma bolinha em torno da nota que você julgar a mais compatível com sua afinidade com essa disciplina. 1 2 3 4 5 6 7

4.2.1 Resultados

A partir da Tabela 6, montei a Tabela 4, que traz uma síntese dos resultados da pergunta de número 6, enquanto a Tabela 5 traz uma síntese das questões 3 e 4.

¹² Estas perguntas fazem parte do Questionário I - vide no Anexo 1.

TABELA 4 - INTERESSE DOS ALUNOS PELA FÍSICA

Nota ou grau de prazer	Número de alunos	Percentual
1	2	5 %
2	4	10 %
3	1	2,5 %
4	10	25 %
5	14	35 %
6	9	22,5 %
7	0	0
Total	40	100 %

Obs.: 1 representa a menor nota, ou seja, o menor grau de prazer em estudar Física e 7, a maior nota.

TABELA 5A - PREFERÊNCIA DA "TURMA X" EM RELAÇÃO À FÍSICA E À MATEMÁTICA

Disciplina	A que mais gosta	2ª ou 3ª que mais gosta	Interesse intermediário	A que menos gosta
Física	3 ou 7,5%	14 ou 35%	19 ou 47,5%	4 ou 10%
Matemática	13 ou 32,5%	6 ou 15%	11 ou 27,5%	10 ou 25%

Obs.: classifiquei como de interesse intermediário quando o aluno não colocava a disciplina nem entre as que mais gostava e nem como a que menos gostava.

A Tabela 5B relaciona as respostas dadas por esses estudantes, cruzando o interesse deles pela Física e pela Matemática.

TABELA 5B - PREFERÊNCIA DA "TURMA X" EM RELAÇÃO À FÍSICA E À MATEMÁTICA

	Física: a que mais gosta	Física: 2ª ou 3ª que mais gosta	Física: interesse intermediário	Física: a que menos gosta
Matemática: a que mais gosta	1 ou 2,5%	5 ou 12,5%	6 ou 15%	1 ou 2,5%
Matemática: 2ª ou 3ª que mais gosta	0	4 ou 10%	1 ou 2,5%	1 ou 2,5%
Matemática: interesse intermediário	2 ou 5%	2 ou 5%	7 ou 17,5%	0
Matemática: a que menos gosta	0	3 ou 7,5%	5 ou 12,5%	2 ou 5%

Obs.: classifiquei como de interesse intermediário quando o aluno não colocava a disciplina nem entre as que mais gostava e nem como a que menos gostava.

4.2.2 Discussão das Tabelas

Os dados da Tabela 4 são concordantes com os da Tabela 5.

Em relação à nota ou grau de prazer do aluno em estudar Física (pergunta 6), vejo coerência nos valores de praticamente todos alunos em comparação com as respostas sobre suas disciplinas de preferência (perguntas 3 e 4), como indica a Tabela 6.

As perguntas 3, 4 e 6 são muito subjetivas. Por isso, as respostas podem ter sido influenciadas por fatores muito pessoais. Cada aluno tem uma experiência de vida diferente, conhecimentos e valores muito particularizados, fazendo com que uma nota 4, 5 ou 6 tenha pesos diferentes para cada indivíduo. Também são muito particulares as condições que cada aluno estabelece para apreciar ou não uma disciplina.

Apesar da subjetividade, vejo coerência nos resultados, pois há uma concentração de notas altas para o prazer em estudar Física entre aqueles que colocaram Física e Matemática entre as mais apreciadas. Já as notas baixas foram colocadas entre os que não as apreciam, salvo raras exceções.

Assim, julgo que uma questão confirmou a outra.

Das Tabelas 4, 5 e 6, é possível tirar as seguintes conclusões:

1º) A grande maioria da turma (70%) aprecia muito, ou de forma intermediária, tanto Física quanto Matemática.

2º) 17 alunos (42,5% da turma) têm a Física como uma das três matérias que mais gostam; 19 alunos (47,5% da turma) têm interesse intermediário pela Física. Esse interesse intermediário à disciplina foi considerado quando o aluno não a coloca nem entre as três que mais gosta nem como a que menos gosta; 4 alunos (10% da turma) têm a Física como a disciplina que menos gostam.

3º) Dos 17 alunos que consideram a Física como uma das três matérias que mais gostam, 10 alunos (59% dos que gostam de Física ou 25% da turma inteira) também incluem a Matemática como uma das três preferidas; 4 alunos (23,5% dos que gostam de Física ou 10% da turma inteira) têm a Matemática como disciplina com apreciação intermediária; 3 alunos (17,6% dos que gostam de Física ou 7,5 % da turma inteira) não gostam de Matemática.

4º) Levando em consideração a aproximação natural entre Física e Matemática e a tendência de o Professor matematizar suas explicações, vejo coerência no interesse demonstrado pela maioria dos alunos em relação a essas duas disciplinas, pois 25% apreciam as duas, 10% gostam de Física, tendo pela Matemática interesse intermediário, 17,5% gostam de Matemática, tendo pela Física interesse intermediário, 7,5% gostam de Física, mas não gostam de Matemática, e 5% gostam de Matemática e não gostam de Física .

A partir dos dados das Tabelas 4, 5 e 6, pela participação dos alunos durante as aulas e pelo bom relacionamento deles com o Professor, acredito que haja, pelo menos para a maioria, um razoável interesse em estudar Física. Assim, para muitos deles, o segundo requisito de Ausubel para que ocorra aprendizagem significativa — a predisposição em aprender — pode estar sendo atendido. Porém acredito que, pelo elevado grau de subjetividade dessa informação, seja muito difícil levantá-la de maneira precisa a partir dos dados disponíveis. O que eu obtive foram indícios. Nada mais do que isso.

TABELA 6 - PREFERÊNCIA DE CADA ALUNO POR FÍSICA, MATEMÁTICA E QUÍMICA E GRAU DE PRAZER EM ESTUDAR FÍSICA.

	Se Física é uma das três matérias preferidas (++); intermediária (+); a menos preferida (-)	Se Matemática é uma das três matérias preferidas (++); intermediária (+); a menos preferida (-)	Se Química é uma das três matérias preferidas (++); intermediária (+); a menos preferida (-)	Associa Física à Matemática (M). Se associa à Química (Q)	Nota ou grau de prazer em estudar Física
Kamila	++	++	+	M	6
Dimas	++	++	+	M	6
Gabriel	++	++	++	M	6
João	++	++	++	M	5
Robson	++	++	++	M	6
Wágner	++	++	++	M	5
Wálter	++	++	+	M	5
Wanderley	++	++	+	M	6
Vicente	++	++	++	Q	4
Henrique	++	+	-	M	6
Leilane	++	+	++	M	6
Mário	++	+		M	5
Wellington	++	+	++	M	5
Taísa	++	++	+	M	5
Denise	++	-	+	M	5
Flávio	++	-	-	M	5
Luís	++	-	-	M	6
Adriana	+	++	++	M	5
Fabício	+	++	++	M	5
Márcia	+	++	+	M	5
Marlyis	+	++	++	M	5
Laís	+	++	++	M	4
Leda	+	++	++	M	4
Melina	+	++	++	M	4
Eliza	+	+	++	M	5
Mariza	+	+	+	M	5
Soraia	+	+	++	Q	6
Aline	+	+	++	M	4
Nayane	+	+	++	M	4
Tales	+	+	++	M	4
Letícia	+	+	++	M	1
Janaína	+	-	++	M	4
Kathy	+	-	++	M	4
Laura	+	-	++	M	4
Geovana	+	-	+	M	2
Joana	+	-	++	M	2
Eliana	-	++	+	Q	2
Lauro	-	++	++	M	1
Micaela	-	-	++	M/Q	3
Cláudia	-	-	-	M	2

Obs.: 1 representa a menor nota, ou seja, o menor grau de prazer em estudar Física e 7, a maior nota.

4.2.3 Mea Culpa — Parte I. Dedicada aos Pesquisadores, Estatísticos e Lingüistas

Cometi duas falhas no Questionário I. A primeira foi na pergunta sobre qual disciplina eles mais associavam à Física, em que a própria Física estava entre as respostas. Uma aluna a assinalou. Posteriormente a procurei para corrigir essa distorção.

A segunda falha foi na questão 6: ao solicitar a nota que o aluno daria para o prazer que ele tem em estudar Física, coloquei no texto notas de 0 a 7. Minha intenção era usar um número par de opções. Isso evitaria a tendência de os alunos marcarem a resposta central. No entanto, por erro de digitação ou descuido, coloquei notas de 1 a 7. Apesar dessa falha, acredito que a tendência não se evidenciou, como mostra a Tabela 5.

Não bastassem esses detalhes, ainda na questão 6 usei como sinônimos dois termos distintos: prazer e afinidade. Infelizmente, não tenho como avaliar as conseqüências dessa má utilização dos termos.

4.3 O ALUNO POSSUI OS SUBSUNÇORES PARA COMPREENDER O CONCEITO DE ACELERAÇÃO?

Segundo Ausubel, a condição mais importante para que ocorra uma aprendizagem significativa é aquilo que o aluno já sabe.

Para que o conceito de aceleração seja aprendido do ponto de vista científico, é importante que o aluno possua vários subsunçores, como, por exemplo, a idéia de grandezas direta e inversamente proporcionais e, principalmente, a compreensão do conceito de velocidade. Por sua vez, a aprendizagem científica de velocidade é ancorada nos conceitos de espaço, de tempo e na razão entre eles. Velocidade é uma grandeza que expressa a taxa de variação do espaço em relação à variação do tempo.

No Questionário I, através de perguntas não-típicas, ou seja, perguntas diferentes daquelas utilizadas pelo Professor, procurei avaliar a compreensão que os alunos da “Turma X” tinham da grandeza velocidade.

Não me detive nos conceitos mais voltados à Matemática (razão e grandezas direta e inversamente proporcionais). Avaliá-los diretamente tornaria este trabalho por demais longo, além de fugir do seu objetivo principal.

Ao montar os questionários, parti do princípio que, até o momento de minha pesquisa, o Professor trabalhou com movimentos retilíneos ou, caso o movimento não o fosse, preocupava-se apenas com o valor da velocidade. Assim, considerando essa abordagem, denominada Cinemática escalar, usei em minhas perguntas o mesmo padrão de linguagem utilizada pelo Professor, desconsiderando os aspectos vetoriais que caracterizam as grandezas deslocamento, velocidade e aceleração.

Para avaliar especificamente a compreensão científica do conceito de velocidade coloquei, no Questionário I, as perguntas¹³ de 7 a 11.

4.3.1 O que Significa cada Termo da Equação $v_m = \Delta s / \Delta t$?

A questão de número 7 é a seguinte:

7) O que significa cada termo da equação $v_m = \Delta s / \Delta t$?

$v_m \rightarrow$ _____

$\Delta s \rightarrow$ _____

$\Delta t \rightarrow$ _____

Embora essa questão não possa ser classificada como não-típica, optei por usá-la para ver se os alunos conheciam o que há de mais básico para a compreensão e cálculo da velocidade.

A grande maioria dos alunos (90 %) respondeu corretamente, demonstrando conhecer a equação, além de relacionar corretamente os símbolos (v_m , Δs , Δt) com seus respectivos significantes (velocidade média, deslocamento escalar, intervalo de tempo). Porém, isso não significa compreensão. A resposta correta da questão pode ser atingida por simples aprendizagem mecânica (memorização).

¹³ As perguntas de 7 a 11 fazem parte do Questionário I, vide Anexo 1.

4.3.2 O que Significa uma Velocidade de 100 km/h?

A pergunta de número 8 tinha por objetivo avaliar a compreensão da grandeza velocidade como uma razão “espaço percorrido/tempo”.

8) O que significa uma velocidade de 100 km/h? R: _____.

A resposta desejada era que, se o móvel mantiver essa mesma velocidade por uma hora, seu deslocamento será de 100 km.

A maioria dos alunos (55%) deu respostas corretas, oferecendo assim um indício de compreensão do conceito de velocidade.

Porém, essa pergunta também pode ser respondida através de um algoritmo memorizado. Caso o Professor, nas aulas que antecederam o início da minha pesquisa, tenha interpretado a grandeza velocidade repetidas vezes, é possível que alguns alunos tenham memorizado o mecanismo, sem contudo ter aprendido o conceito de forma significativa. Por isso, há necessidade de serem feitas outras perguntas.

4.3.3 Uma Velocidade de 30 km/h Pode Ser Considerada Alta ou Baixa?

A pergunta de número 9 era a seguinte:

9) Usando como referência a velocidade média dos carros que andam **pelas ruas de nossa cidade**, uma velocidade de 30 km/h (trinta quilômetros **por hora**) pode ser considerada alta ou baixa? R: _____.

Essa velocidade pode ser considerada, grosso modo, como baixa. Porém, a resposta pode ser dada com base no princípio científico ou no cotidiano. Quem utilizou o científico deve ter se baseado numa relação da distância percorrida pelo tempo. Quem se baseou na concepção construída no dia-a-dia, pode ter se restringido a simples relações entre observações feitas em um velocímetro de um carro e a sensação de rapidez que o deslocamento provoca. Talvez essa dupla possibilidade tenha sido a causa de um índice tão alto de acerto: 95%.

Mesmo assim, acredito que tal questão foi importante. Ela pode ter contribuído para que os alunos se “soltassem”. Ela não exigia grandes reflexões,

razão pela qual fez com que, talvez, se sentissem mais seguros para responder às demais perguntas.

4.3.4 Uma Velocidade de 30 km/s Pode Ser Considerada Alta ou Baixa?

As questões 10 e 11 constituíram-se na avaliação propriamente dita, pois exigem, daqueles que as respondem, um grau mais elaborado de raciocínio e relação entre as grandezas espaço percorrido e tempo.

A questão 10 é a seguinte:

10) Usando como referência a velocidade média dos carros que andam **pelas ruas de nossa cidade**, uma velocidade de 30 km/s (trinta quilômetros **por segundo**) pode ser considerada alta ou baixa? Por quê?

A resposta desejada é que essa velocidade deve ser considerada muito alta. Ela significa que, em apenas um segundo, o móvel se desloca 30 km.

A Tabela 7 resume os resultados obtidos.

TABELA 7 - UMA VELOCIDADE DE 30 km/s PODE SER CONSIDERADA ALTA OU BAIXA?

Resultados	Número de alunos	Percentual (%)
Resposta e justificativa corretas	32	80
Resposta correta, mas sem justificativa	4	10
Resposta correta, justificativa inadequada	1	2,5
Resposta errada	3	7,5
Total	40	100

Dos alunos que responderam o Questionário I, a maioria — 32 alunos (80%) — respondeu e justificou corretamente. Alguns até, como o Luís, foram além, evidenciando de forma mais incisiva sua compreensão do conceito.

Luís: “Superalta. Quer dizer que o móvel percorre 30 km em 1 s. Então ele vai à praia em 5 s.”

Alguns dos alunos apresentaram respostas corretas, porém diferentes, conseguindo, a seu modo, revelar a compreensão do conceito. Dessas destaco três por serem interessantes e até simpáticas.

Henrique: “Altíssima, porquá ele tem que fazer 60 km/h e não por segundo.”

Mário: “Muito alta. Pô cara, nem avião anda nessa velocidade.”

Soraia: “Alta. Imagine se um carro a 100 km/h é um perigo, imagine a 30 km/s”.

Quatro alunos (10%) responderam corretamente, mas não deram justificativa alguma.

Um aluno (2,5%), o Dimas, respondeu corretamente que a velocidade era muito alta, porém sua resposta foi inadequada, confundindo os conceitos de velocidade e aceleração. Veja o que ele disse:

Dimas: “Muito alta, pois em 5 segundos por exemplo ele já ultrapassa a velocidade máxima das BR que o limite é 110 km/h.”

Três alunos (7,5%) erraram, afirmando que tal velocidade é baixa.

Em resumo, como 90% dos alunos acertaram essa questão, há um forte indício de que houve compreensão do conceito de velocidade.

4.3.5 Uma Velocidade de 30 m/s Pode Ser Considerada Alta ou Baixa?

A questão 11 é a seguinte:

11) Usando como referência a velocidade média dos carros que andam **pelas ruas de nossa cidade**, uma velocidade de 30 m/s (trinta **metros por segundo**) pode ser considerada alta ou baixa? Justifique sua resposta.

A resposta poderia ser dada a partir de dois raciocínios. O primeiro seria através de uma relação entre o espaço e o tempo, exigindo do aluno a capacidade de avaliar mentalmente as grandezas 30 m e 1 s e, em seguida, imaginar tal percurso nesse intervalo de tempo. Uma segunda maneira seria converter a unidade m/s para km/h. Essa segunda unidade é mais utilizada em nosso cotidiano e, por isso, mais fácil de ser avaliada mentalmente. Fazendo tal transformação, o resultado é de 108 km/h, velocidade que pode ser considerada alta para os padrões do trânsito de uma cidade.

Dezoito alunos (45%) responderam e justificaram corretamente; três (7,5%) responderam que se trata de uma velocidade alta, porém não justificaram, não sendo possível saber se tal resposta foi dada de forma consciente ou aleatória. Dois

alunos (5%) responderam que a velocidade era alta, porém suas justificativas foram confusas. Quatro alunos (10%) deixaram a questão em branco. Um deles, porém, fez somente os cálculos da transformação de unidade corretamente. Finalmente, treze alunos (32,5%) erraram a questão, considerando tal velocidade baixa ou média, muitos inclusive fazendo transformações de unidades de forma errada.

Essa questão é basicamente idêntica à anterior, porém o resultado foi menos animador. Isso me surpreendeu, pois a única diferença dessa para a anterior é a unidade de medida. Minha surpresa se deve ao fato de que velocidades em m/s apareceram na maioria dos problemas que eles resolveram.

Essa unidade não é muito utilizada no dia-a-dia, como é o caso de km/h. Ao que parece, para muitos dos alunos, velocidades em metros por segundo (m/s) não têm significado real. Eles não conseguem avaliar a rapidez de um carro que se desloca 30 m em 1 s. Assim fica uma pergunta: será que, para alguns deles, velocidades em “m/s” são apenas números? Não posso dar essa resposta. Esse não é o objetivo de minha pesquisa, mas como é um tema interessante de ser estudado, faço sobre ele algumas conjecturas.

Uma outra possível explicação é que alguns alunos podem não compreender velocidade como sendo uma taxa de variação da posição pela variação do tempo. Talvez, ao interpretar os valores apresentados nas perguntas, eles tenham se detido no detalhe que lhes ficou mais saliente (30 km e 30 m), ignorando os termos hora e segundo.

Apesar desse problema, a maioria dos alunos chegou à solução esperada. Assim, ainda afirmo que há fortes indícios de que a aprendizagem do conceito de velocidade foi significativa. O problema específico dessa questão pode estar restrito à unidade e não ao conceito.

A Tabela 8 resume os resultados obtidos.

TABELA 8 - UMA VELOCIDADE DE 30 m/s PODE SER CONSIDERADA ALTA OU BAIXA?

Resultados	Número de alunos	Percentual (%)
Resposta e justificativa corretas	18	45
Resposta correta, mas sem justificativa	3	7,5
Resposta correta, porém com justificativa inadequada	2	5
Respostas erradas	13	32,5
Não responderam	4	10
Total	40	100

4.3.6 Analisando os Resultados das Questões que Avaliaram a Aprendizagem do Conceito de Velocidade.

Em linhas gerais, a maioria dos alunos demonstrou ter um conhecimento razoável do conceito de velocidade, oferecendo assim ancoragem para o conceito de aceleração. Porém, há alunos que apresentaram oscilações em seus padrões de pensamento, ora acertando, ora errando questões relativamente parecidas, como é o caso das questões 10 e 11. Outros tinham um conhecimento sobre velocidade insuficiente para ancorar a aprendizagem do conceito de aceleração. A Tabela 41, p. 135, mostra quais são esses alunos.

4.4 AS AVALIAÇÕES APLICADAS PELO PROFESSOR

No primeiro semestre letivo, o Professor aplicou duas avaliações, ambas contendo problemas típicos. Esses exercícios exigiram aplicação de formulário e raciocínio lógico-matemático.

A resolução desses problemas nem sempre garantem aprendizagem significativa, pois eles podem ser feitos mecanicamente. Basta que o aluno memorize o algoritmo apropriado.

A primeira avaliação envolveu os conceitos de espaço, tempo, velocidade e movimento uniforme. Na Tabela 1, estão registradas as notas que os alunos da “Turma X” obtiveram na primeira prova.

A segunda avaliação acumulou os mesmos tópicos da primeira mais movimento uniformemente variado, cuja compreensão exige domínio do conceito de aceleração. Minha intenção era comparar o desempenho dos alunos nessa prova com o desempenho no questionário que apliquei. Eu pressupunha que o professor aplicaria uma prova típica, ou seja, com questões para se aplicar fórmulas.

Isso realmente ocorreu, porém não utilizei tal prova em minha análise, porque ela foi aplicada em dupla e, dessa forma, não expressava exclusivamente as idéias de cada indivíduo.

5 ACELERAÇÃO: DO ESTADO DA ARTE À ARTE DO ESTADO

Falo agora utilizando meu senso comum, embasado em minha experiência cotidiana. Nos últimos anos, muitas escolas de ensino médio, em especial as públicas, reduziram o número de aulas de Física para uma ou duas aulas semanais. A escola em que apliquei minha pesquisa adota, para o primeiro ano, duas aulas semanais. No entanto, os programas cobrados pelos exames seletivos – vestibular – continuam sendo extensos e minuciosos, em especial nas universidades públicas.

Durante minhas observações, em várias ocasiões, ouvi a palavra “vestibular” ser citada tanto por alunos quanto por professores. As frases sempre demonstraram algum tipo de preocupação com essas provas. Certa vez, o Professor me falou que cumprir o programa é inviável, mas que, para tentar avançar o máximo possível, ele tinha de dar uma “puxadinha” no ritmo das aulas. Compreensível. Ele quer dar a seus alunos a melhor condição possível para que não sejam excluídos dos exames seletivos por desconhecerem conteúdos.

Neste capítulo, mostrarei algumas pesquisas sobre a aquisição do conceito de aceleração, tanto sob o aspecto cotidiano quanto científico. Acredito que ficará evidente que as dificuldades são inúmeras. Por isso, “acelerar” o ritmo do ensino desse tema — acelerar aqui no sentido estritamente cotidiano, significando aquela “puxadinhas de ritmo” — pode se constituir em procedimentos inadequados para promover aprendizagem. Corre-se o risco de seguir o caminho, deixando um aluno em cada curva. É como jogar fora a água do banho do bebê, mas com o bebê dentro!

O Estado tem em suas mãos os organismos que regulamentam as atividades do ensino médio e universitário. Sinto falta de um amplo debate para que essa aresta seja aparada, sem ferir a autonomia das instituições, é claro.

Talvez seja essa a “arte” do Estado. Nessa frase, a palavra arte pode ser tanto interpretada como erro ou deslize cometido quanto uma arte no sentido de artifício a ser cultivado.

Na seqüência, tentarei mostrar o “estado da arte”, no que diz respeito às pesquisas sobre a aquisição do conceito físico de aceleração. Claro que não se

trata de uma relação completa de trabalhos publicados, mas acredito que os aqui relacionados revelarão dados importantes sobre o tema.

5.1 A PESQUISA DE PIAGET

Na obra de Piaget, há um livro dedicado à noção de velocidade e movimento. Ele aborda, num dos capítulos, a aceleração. Nessa pesquisa, o conceito não é tratado explicitamente, pois seu objetivo foi o de avaliar sua construção de forma espontânea, sem a preocupação com formalismo científico. (PIAGET, 1946)

Seus entrevistados (65 crianças de 5 a 14 anos) observaram um experimento em que uma bolinha desce uma rampa (plano inclinado). A primeira pergunta tratou da velocidade durante o trajeto, questionando se ela era sempre a mesma ou se aumentava. Para aqueles que conseguiram perceber o aumento da velocidade, ou seja, que possuíam indícios do conceito de aceleração, foram feitas outras perguntas.

Na seqüência, mostrava-se uma segunda experiência, a qual apresentava o desenho de uma criança descendo uma rampa de neve com seu trenó. O percurso foi dividido em quatro partes iguais, demarcadas por bandeirinhas. A segunda pergunta era: em qual desses intervalos a velocidade era maior?

A terceira pergunta era sobre o tempo que o trenó levaria para percorrer cada intervalo. O objetivo era avaliar se a criança perceberia que o primeiro trecho era percorrido em maior tempo, enquanto o último em menor tempo.

A quarta pergunta colocava o entrevistado diante do seguinte problema: ele desceria a rampa com seu trenó e, em intervalos de tempos iguais, cravaría na neve uma bandeirinha. Então, o pesquisador questionava a respeito da distância entre elas. A resposta correta é que essa distância vai aumentando.

Através dessas experiências e perguntas, de acordo com as relações que as crianças fizeram entre distâncias e tempos gastos nos trajetos, o grupo foi dividido em quatro categorias ou estágios.

No Estágio I, as crianças nele enquadradas não possuíam noção de aceleração nem de velocidade uniforme. Mesmo que tivessem experiências de vida

como andar de trenó, descer uma rampa de bicicleta ou mesmo soltar bolinhas num plano inclinado, elas não conseguiram perceber ou expressar, com as próprias palavras, o aumento de velocidade.

No Estágio II, estavam aqueles que, embora possuísem uma noção intuitiva de aceleração, não sabiam relacioná-la adequadamente com a distância percorrida e o tempo. Em relação ao segundo experimento (trenó descendo a rampa, com bandeirinhas igualmente espaçadas), alguns acreditavam que o tempo para se deslocar de uma bandeira até outra era o mesmo, pois as distâncias entre elas eram iguais. Outros acreditavam que a distância entre as últimas bandeirinhas era maior, pois a velocidade era maior. Para essas crianças, aumento de velocidade implica em aumento de tempo.

O Estágio III era marcado por uma noção mais articulada de aceleração. Os integrantes desse grupo conseguiam perceber que havia alguma proporcionalidade matemática entre distâncias e tempos, ou seja, que em tempos iguais os espaços percorridos eram diferentes. Apesar disso, eles ainda cometiam erros semelhantes aos cometidos pelos integrantes do Estágio II, porém com uma diferença: no decorrer das entrevistas, muitos conseguiam perceber suas contradições e passavam a responder corretamente.

O Estágio IV é caracterizado pelo pensamento formal, em que os membros do grupo faziam as relações corretas entre espaço e tempo.

5.2 A PESQUISA DE LABURU

LABURU (1987) investigou as noções que alunos de 6ª e 8ª séries do ensino fundamental e 2ª série do ensino médio apresentavam sobre o conceito de aceleração. Os experimentos que ele utilizou foram baseados, adaptados ou inspirados na obra de Piaget. Posteriormente, através de entrevistas clínicas, levantou fatores relacionados à evolução desse conceito, chegando a padrões de pensamento utilizados pelos sujeitos, os quais descreveremos mais adiante.

Num dos experimentos, Laburu colocava um pincel atômico nas mãos de seus entrevistados e solicitava a eles que batessem, num mesmo lugar, sobre uma fita de cartolina. Os toques deveriam ser ritmados, ou seja, em intervalos de tempos

iguais. Enquanto isso, a fita era puxada, cada vez mais rápido, aumentando a distância entre os pontos consecutivos que ficavam marcados sobre ela. Mesmo conscientes do ritmo constante das batidas, muitos alunos, principalmente os mais novos, afirmavam que, pelo fato de os pontos se distanciarem, o tempo entre as batidas aumentava. Tais alunos não conseguiam perceber que o tempo era o mesmo. O que havia mudado era a velocidade. Embora essa situação evidenciasse uma aceleração, muitos alunos não eram capazes de percebê-la. Semelhante aos resultados de Piaget, Laburu encontrou uma grande quantidade de alunos que deram respostas erradas. Em termos percentuais, ele encontrou 60% dos alunos de 6ª série, 42% dos de 8ª série e, surpreendentemente, 25% dos entrevistados da série 2ª série do ensino médio, dos quais devido à maior idade, esperava-se um raciocínio formal. Além disso, eles já haviam passado pela instrução escolar dos conceitos de velocidade e aceleração. Mesmo assim, alguns deram respostas intuitivas, típicas de idades menos avançadas.

Por outro lado, independentemente da idade, houve sujeitos que deram respostas corretas, relacionando aumento de velocidade, tempo e distância percorrida. Em muitos casos, alunos que respondiam corretamente às perguntas referentes a um dado experimento erravam em outro similar, oscilando entre o científico e o espontâneo.

Através desse e de outros experimentos sobre o conceito de aceleração, Laburu chegou às seguintes categorias de pensamento: aceleração como simples variação de velocidade (sem o fator tempo); aceleração exclusivamente como aumento de velocidade; aceleração como sinônimo de velocidade, de posição, de força, de velocidade final, de ultrapassagem; aceleração como razão entre variação de velocidade e deslocamento¹⁴, entre velocidade instantânea e tempo instantâneo; e, finalmente, o conceito científico, ou seja, aceleração como razão entre variação de velocidade e intervalo de tempo. Outro detalhe importante que ele detectou foi que muitos de seus entrevistados, de uma pergunta para outra, mudavam de categoria. (LABURU, 1987, p. 254-264)

¹⁴ A idéia de que aceleração era a razão entre a variação de velocidade pela variação do espaço percorrido existia antes de Galileu. Aliás, o próprio Galileu utilizou esse conceito em seus trabalhos iniciais, até que ele concebeu o conceito de aceleração como hoje o adotamos.

5.3 A PESQUISA DE CARVALHO

CARVALHO (1985) estudou vários conceitos da Física, inclusive aceleração, buscando levantar respostas intuitivas.

Em vez de utilizar experimentos e entrevistas, Carvalho elaborou questionários que pediam, em alguns itens, respostas rápidas (sim ou não; são iguais ou são diferentes, etc.) e, em outros, respostas discursivas. A tabela a seguir indica o número de participantes da pesquisa e seus respectivos cursos.

TABELA 9 - GRAU DE ESCOLARIDADE DOS PARTICIPANTES DA PESQUISA DE CARVALHO (1985)

Curso	N ° de alunos
1º Ano de Física	21
2º Ano de Física	24
3º Ano de Física	40
4º Ano de Física	14
3º Ano do Ensino Médio	14
1º Ano de Biologia	16
2º Ano de Psicologia	16
Curso de Extensão Universitária	12
1º Ano de Química	12
2º Ano de Arquitetura	15
Total	184

Quanto ao conceito de aceleração, os resultados foram os seguintes: para muitos alunos, o conceito de velocidade e aceleração são indiferenciados, ou seja, havendo velocidade, há aceleração. Uma grande quantidade de alunos entendia aceleração como razão entre a velocidade instantânea e o tempo instantâneo ($a = v/t$), enquanto outros até entendiam esse conceito como $a = \Delta v/\Delta t$, porém, em algumas respostas, esqueciam o fator tempo. Assim, aceleração se tornava simplesmente $a = v$, ou $a = \Delta v$. Além desses casos, uma quantidade pequena de alunos demonstrou entender aceleração como relação entre distância percorrida e intervalo de tempo. Muitas dessas respostas espontâneas foram obtidas até mesmo entre estudantes do curso de graduação em Física.

As conclusões de Carvalho concordam com as de Laburu, vistas no item anterior, e com as de Trowbridge e Mcdermott, como veremos a seguir.

5.4 A PESQUISA DE TROWBRIDGE E MCDERMOTT

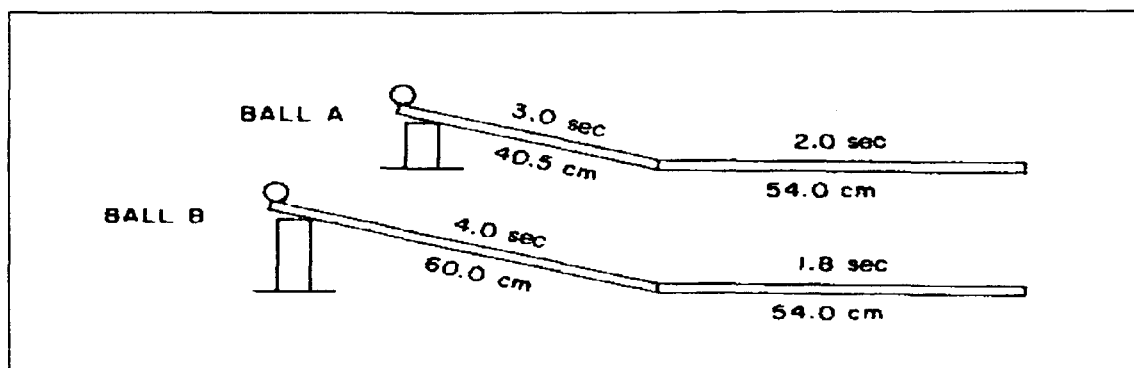
TROWBRIDGE e McDERMOTT (1981) perceberam que, para responder corretamente às perguntas do trabalho de Piaget (1946), bastaria que o aluno tivesse uma noção primitiva de aceleração, entendendo-a simplesmente como variação de velocidade. No entanto, para o estudo da Física, é indispensável a compreensão do conceito de aceleração como razão entre variação da velocidade e intervalo de tempo ($a = \Delta v / \Delta t$).

Essa pesquisa, segundo os próprios autores, foi uma reaplicação e extensão das perguntas de Piaget, porém com duas diferenças fundamentais. A primeira é que a amostra constituiu-se exclusivamente de universitários e, a segunda, é que os experimentos aos quais os estudantes foram submetidos buscavam averiguar, especificamente, a compreensão do conceito como razão ($a = \Delta v / \Delta t$). Desses experimentos, destaco dois.

O primeiro chamou-me a atenção pela resposta dada por aproximadamente metade dos alunos. Uma bola era arremessada com certa velocidade sobre um plano horizontal, rolando sobre ele com velocidade praticamente constante. Uma segunda bola era solta, inicialmente parada, sobre um plano inclinado – íngreme – e, por isso, sua velocidade aumentava durante a descida. Quando questionados sobre as acelerações dessas bolas, muitos diziam que, em pontos onde o valor da velocidade era o mesmo, as acelerações também seriam as mesmas. Apesar de errada, pois no plano horizontal a aceleração pode ser considerada nula e no inclinado não, essa resposta foi reveladora. Ela mostra uma confusão entre velocidade e aceleração (mesma velocidade, mesma aceleração). Para esses alunos, aceleração é simplesmente a velocidade final dividida pelo tempo ($a = v/t$) e não $\Delta v / \Delta t$.

Essa idéia errônea se confirmava em outro experimento em que duas bolas eram abandonadas, a partir do repouso – velocidade zero –, do alto de dois planos inclinados com inclinações diferentes. Os comprimentos dos planos também eram desiguais e, por isso, os tempos de percurso não eram os mesmos. No final de cada plano inclinado, as bolinhas entravam em planos horizontais de mesmo comprimento, percorrendo-os em tempos diferentes. Para responder corretamente

às perguntas feitas pelos pesquisadores, o aluno deveria relacionar corretamente as grandezas distância, velocidade e tempo, bem como aceleração entendida como razão ($\Delta v/\Delta t$). Os desenhos abaixo foram escaneados do artigo de Trowbridge e Mcdermott.



Quando questionados sobre qual era a maior aceleração, muitos alunos efetuavam a seguinte seqüência de cálculos: (para o primeiro plano) $v = d/t \rightarrow v = (40,5)/3 = 13,5 \text{ m/s} \rightarrow a = v/t \rightarrow a = (13,5)/3 = 4,5 \text{ m/s}^2$ e para o segundo plano, $v = d/t \rightarrow v = 60/4 = 15 \text{ m/s} \rightarrow a = v/t \rightarrow a = 15/4 = 3,75 \text{ m/s}^2$. Assim, muitos afirmavam que no experimento A o valor da aceleração era maior. Realmente a aceleração é maior em A, porém os cálculos aplicados estavam errados. Mais uma vez a confusão entre v e Δv ficava evidente.

Através desse e de outros experimentos, a conclusão final da pesquisa de Trowbridge e Mcdermott foi que: a) para a maioria dos alunos, o conceito de aceleração se resumia à variação de velocidade, sem relacioná-la com o intervalo de tempo; b) para muitos desses estudantes, se dois objetos atingissem a mesma posição, eles possuíam a mesma aceleração; c) havia uma confusão quase generalizada entre velocidade e aceleração, como se uma fosse sinônimo da outra.

6 REINVENTANDO A RODA: UMA NOVA MANEIRA DE DESVELAR O DESVELADO

A aprendizagem significativa de um conceito vai além do simples conhecimento de sua fórmula e da resolução de inúmeros problemas que envolvem a sua aplicação. Diversos pesquisadores já criticaram práticas de ensino que estimulam a resolução de problemas através da mera repetição de algoritmos.

Na verdade, a aplicação da fórmula, muitas vezes, exige apenas a decodificação das informações dadas no problema, seguida de operações puramente algébricas. Isto leva a acertos, mas não significa conhecer o conceito; é possível seguir os mesmos passos algebricamente corretos, tendo um conhecimento intuitivo do conteúdo do problema. Entretanto, existem alguns problemas que fazem apelo ao conhecimento do conceito em nível de maior profundidade em suas características que não são dadas diretamente pela fórmula e aqui o aluno tem que utilizar a caracterização do conceito de que ele dispõe e que pode ser uma forma intuitiva construída a partir da sua experiência diária. Neste caso o modelo da realidade resolve alguns problemas, mas não é suficiente para situações mais gerais sem perder a coerência e então o aluno erra o problema. (PACCA, 1984, p. 26)

Após analisar as pesquisas sobre aceleração, descritas no capítulo anterior, concluí que os questionários seriam a saída mais adequada para cumprir meu duplo propósito. O primeiro é o de avaliar a aprendizagem significativa do conceito físico de aceleração. O segundo é o de construir um instrumento que possa ser utilizado por professores de Física, com o objetivo de detectar o que seus alunos pensam sobre esse conceito.

Fundamentado em Ausubel, procurei elaborar questionários com perguntas diferentes daquelas que foram praticadas em sala, evitando aplicações diretas de fórmulas e privilegiando os aspectos conceituais e qualitativos. As questões deveriam permitir que os alunos revelassem se sua aprendizagem do conceito científico de aceleração foi significativa e/ou seus conceitos alternativos que resistiram à instrução escolar.

Entrevistas clínicas são ótimos instrumentos para levantar concepções, porém demandam muito tempo, além de exigirem um grande preparo por parte do entrevistador, quer na aplicação, quer na análise. Para um professor, no dia-a-dia de suas práticas, é inviável utilizá-las regularmente na avaliação da aprendizagem.

O tempo se tornou artigo de luxo para aqueles que tentam cumprir os apertados programas com apenas uma ou duas aulas semanais.

Na ocasião da aplicação dos questionários que elaborei, pude constatar que cada um não consumia mais que 25 minutos de uma aula. Acredito que esse seja um detalhe importante para aqueles professores que optarem por utilizá-los. Decidi, também, não usar experimentos que exigissem laboratórios ou qualquer outro tipo de material, além de caneta e papel, garantindo assim uma simplicidade operacional.

Vejo nesse instrumento uma espécie de atalho que nos leva, do ponto de vista qualitativo, a alguns resultados que concordam com os de TROWBRIDGE e MCDERMOTT (1981), CARVALHO (1985) e LABURU (1987). Justiça seja feita: estou apenas, ausubelianamente, reinventando a roda.

Mas, apesar das semelhanças, há diferenças importantes entre esses trabalhos e o meu. Na tabela comparativa, a seguir, apresento-as resumidamente.

TABELA 10 - COMPARANDO ESTA PESQUISA COM AS DE LABURU, CARVALHO E TROWBRIDGE e MCDERMOTT

Aspectos considerados	Laburu	Carvalho	Trowbridge e McDermott	Esta pesquisa
Sujeitos	Crianças de 6ª e 8ª séries do ensino fundamental e 2º ano do ensino médio, um ano após instrução formal do conceito de aceleração	Alunos do 3º ano do ensino médio e universitários de cursos e áreas diversas	Universitários de cursos e áreas diversas	Alunos do 1º ano do ensino médio
Forma de pesquisa	Entrevista clínica após observação de experimentos	Questionário	Entrevista clínica após observação de experimentos	Questionário
O que procurava	Comparar a concepção daqueles que ainda não haviam passado pela instrução escolar com a daqueles que já haviam passado por ela	Concepções sobre alguns conceitos físicos, inclusive aceleração	Concepção científica do conceito de aceleração	Aprendizagem significativa do conceito científico de aceleração imediatamente após instrução formal
Referencial	Piagetiano	Piagetiano	Piagetiano	Ausubeliano

Como mostra a tabela, a primeira diferença entre o meu trabalho e dos demais é que me fixei numa série escolar bem específica (primeiro ano do ensino médio), sendo todos os alunos de uma mesma turma. Em termos gerais, isso implica que meus sujeitos passaram por uma mesma instrução escolar sobre o tema aceleração. Laburu, Carvalho, Trowbridge e McDermott, por não restringirem suas pesquisas a uma determinada série e turma, não estavam preocupados com o momento em que a aprendizagem se dava nem em comparar pessoas que passaram por uma mesma instrução.

A segunda diferença é que enfoquei relações entre variação de velocidade e intervalo de tempo. Não só no trabalho de Laburu, mas principalmente nas pesquisas de Carvalho e Trowbridge e McDermott, as experiências destacavam relações entre deslocamentos e o intervalo de tempo. Mesmo que indiretamente, estava implícita a necessidade de seus entrevistados relacionarem duas vezes o

deslocamento com intervalo de tempo, ou seja, $\Delta s/\Delta t/\Delta t$. Sob o ponto de vista matemático, isso torna tais questões mais complicadas, pois em tal análise estão implícitas duas razões.

Levando em consideração minha faixa etária alvo, procurei utilizar situações mais simples e objetivas. Elas envolveram apenas uma razão: variação de velocidade pelo intervalo de tempo ($\Delta v/\Delta t$).

Uma terceira e importante diferença é que eu busquei averiguar se a aprendizagem do conceito de aceleração foi significativa, enquanto eles construíram armadilhas para deixar que conceitos intuitivos se revelassem. Minha preocupação com os conceitos intuitivos estava em segundo plano.

A quarta e última diferença está no referencial teórico. Fui o único que se baseou em Ausubel.

6.1 IDENTIFICANDO A PRESENÇA DA GRANDEZA ACELERAÇÃO

Começo descrevendo a questão 16, pois as perguntas 13, 14 e 15 se relacionam com ela. Ela será uma espécie de resumo quantitativo da aprendizagem, pois, além de trazer todas as situações possíveis para a grandeza aceleração em movimentos retilíneos, seus resultados podem se converter numa “nota” que revela o percentual de acerto de cada aluno.

16) Para responder esta questão, coloque dentro dos parênteses as seguintes letras, conforme sua opinião¹⁵:

“S” (sim), nos casos em que há aceleração

“N” (não), quando não houver aceleração

“ID” (impossível determinar), quando não for possível determinar

a) () Um carro aumenta sua velocidade de 40 km/h para 60 km/h

b) () Uma pessoa caminha vagarosamente, com velocidade constante de 0,5 m/s

c) () Um carro a 60 km/h freia até parar.

d) () Às 13h e 20min a velocidade de um objeto é de 10 m/s

¹⁵ Esta pergunta faz parte do Questionário II, vide Anexo 2.

- e) () Às 13h e 20min a velocidade de um carro é de 10 km/h
- f) () Um carro de Fórmula-1 mantém velocidade constante de 300 km/h
- g) () Às 13h e 20min a velocidade de um carro é de 150 km/h
- h) () Às 13h e 20min a velocidade de um carro é de 150 km/h e, às 13h e 22 min, a velocidade do mesmo carro é de 30 km/h
- i) () Uma nave espacial mantém velocidade constante de 40.000 km/h
- j) () Às 13h e 20 min a velocidade de um carro é de 30 km/h e, às 13h e 22min, a velocidade do mesmo carro é de 150 km/h.

Com base nas pesquisas de Laburu, Carvalho e Trowbridge e McDermott, entre várias possibilidades eu já esperava que alguns dos participantes da pesquisas pudessem conceber aceleração como simples variação da velocidade, sem o fator tempo, ou, ainda, relacioná-la apenas com aumento de velocidade ou, ainda, como agente que mantém a velocidade, independentemente de ela variar.

Por isso inseri a questão 16, pois ela traz afirmações que evidenciam a grandeza velocidade, a qual varia em alguns casos, é constante em outros e em determinadas situações o texto não explicita o que ocorre com ela. O fator tempo está especificado em algumas afirmações e em outras não, exigindo do aluno a capacidade de diferenciar cada caso.

O item “a” traz uma situação em que ocorreu variação de velocidade (aumento), logo há aceleração. Nesse caso, a idéia de intervalo de tempo está implícita. O item “j” traz a mesma situação, porém explicitando o tempo. Os itens “c” e “h”, por sua vez, tem por objetivo detectar se os alunos também relacionam o conceito de aceleração com diminuição de velocidade. Alunos que acertam esses itens apresentam indícios de entender aceleração como variação de velocidade (aumento ou diminuição).

O item “b” apresenta o termo “velocidade constante”, o que garante que não há aceleração. Porém, como o valor da velocidade é baixo, alguns alunos poderão afirmar que não há aceleração por ligarem esse conceito a velocidades altas. Para averiguar tal possibilidade, acrescentei outras perguntas similares, porém com velocidades de valores elevados: itens “f” e “i”. Quem indica a presença de aceleração nesses casos demonstra conceber que aceleração também está relacionada com a manutenção de velocidade. Esse tipo de conhecimento parece

ser construído a partir de experiências com veículos automotores em que, para manter a velocidade constante, o pedal do acelerador deve estar acionado. Tal fato mostra a influência das experiências cotidianas na construção dos pensamentos científicos. Oito alunos (26,7%) registraram a presença de aceleração no item “f”, em que um Fórmula-1 mantinha velocidade constante.

Saber o valor da velocidade em um único instante não garante se há ou não aceleração. Por isso, os itens “d”, “e” e “g” colocam os alunos diante dessa situação. Estes itens nos ajudarão a detectar se o aprendiz assimilou aceleração como simples velocidade por tempo ou à variação de velocidade por intervalo de tempo. Além disso, alunos que não percebem a relação da grandeza aceleração com o fator tempo poderão se atrapalhar nesses três itens, pois, além de não ser apresentada uma variação de velocidade, também não é apresentada uma variação de tempo.

A Tabela 11 mostra as respostas dadas pelos alunos à questão 16.

TABELA 11 - RESPOSTAS DADAS PELOS ALUNOS À QUESTÃO 16

Nome	a) Um carro aumenta sua velocidade de 40 km/h para 60 km/h.	b) Uma pessoa caminha vagarosamente, com velocidade constante de 0,5 m/s.	c) Um carro a 60 km/h freia até parar.	d) Às 13h e 20min a velocidade de um objeto é de 10 m/s.	e) Às 13h e 20min a velocidade de um carro é de 10 km/h.
Adriana	S	N	S	ID	ID
Aline	S	N	N	ID	ID
Denise	ID	ID	S	S	S
Dimas	S	N	S	ID	ID
Eliana	S	N	N	S	S
Eliza	S	S	N	ID	S
Fabício	S	N	S	ID	ID
Geovana	S	N	N	ID	ID
Gabriel	S	N	S	ID	ID
Henrique	S	N	N	ID	ID
João	S	N	S	ID	ID
Kamila	S	N	S	ID	ID
Kathy	S	S	S	N	N
Laura	S	ID	N	N	S
Laís	S	N	N	ID	ID
Leilane	S	N	S	ID	ID
Lauro	N	ID	S	N	N
Luís	S	S	ID	ID	S
Márcia	S	N	S	ID	ID
Marly	S	S	N	ID	S
Mariza	S	S	N	ID	S
Mário	S	S	N	N	ID
Melina	S	N	N	ID	ID
Nayane	S	N	S	ID	ID
Robson	S	N	S	ID	ID
Ronaldo	S	S	N	ID	ID
Soraia	S	N	ID	S	S
Taísa	S	ID	S	ID	ID
Vicente	S	N	S	ID	ID
Wágner	S	N	S	ID	ID
% de acerto	93,3	63,3	53,3	76,7	66,7

Obs.: S (sim); N (não); ID (impossível determinar).

continua

TABELA 11 - RESPOSTAS DADAS PELOS ALUNOS À QUESTÃO 16

continuação

Nome	f) Um carro de Fórmula-1 mantém velocidade constante de 300 km/h.	g) Às 13h e 20min a velocidade de um carro é de 150 km/h.	h) Às 13h e 20min a velocidade de um carro é de 150 km/h e, às 13h e 22 min, a velocidade do mesmo carro é de 30 km/h.	i) Uma nave espacial mantém velocidade constante de 40.000 km/h.	j) Às 13h e 20 min a velocidade de um carro é de 30 km/h e, às 13h e 22min, a velocidade do mesmo carro é de 150 km/h.	% de acerto
Adriana	N	ID	S	N	S	100
Aline	N	ID	N	N	S	80
Denise	N	S	S	N	S	50
Dimas	N	ID	S	N	S	100
Eliana	N	S	ID	ID	S	40
Eliza	ID	N	S	S	N	30
Fabício	N	ID	S	N	S	100
Geovana	S	ID	N	S	S	60
Gabriel	N	ID	S	N	S	100
Henrique	N	ID	N	N	S	80
João	N	ID	S	N	S	100
Kamila	S	ID	S	S	S	80
Kathy	S	N	S	S	S	40
Laura	N	S	N	ID	S	30
Laís	N	ID	N	N	S	80
Leilane	S	ID	S	ID	S	80
Lauro	N	N	S	ID	S	40
Luís	S	ID	S	S	S	50
Márcia	N	ID	S	N	S	100
Marly	S	ID	N	ID	S	40
Mariza	N	ID	ID	N	ID	50
Mário	S	S	S	S	N	30
Melina	N	ID	N	N	S	80
Nayane	N	ID	S	N	S	100
Robson	N	ID	S	N	S	100
Ronaldo	S	ID	N	S	S	50
Soraia	ID	S	N	N	S	40
Taísa	N	ID	S	N	S	90
Vicente	N	N	S	N	S	90
Wágner	N	ID	S	N	S	100
% de acerto	66,7	70	63,3	60	90	70,3

Obs.: S (sim); N (não) e ID (impossível determinar).

Algumas constatações podem ser tiradas da Tabela 11.

Nove alunos (30%), entre os trinta, acertaram todos os itens dessa questão. Apesar desse bom desempenho ser um indício de que o grupo compreendeu significativamente o conceito de aceleração, pretendo mostrar que, mesmo assim, alguns deles poderão usar conceitos espontâneos em determinadas situações. Por isso, é importante o cruzamento de todas as respostas obtidas no questionário antes de qualquer conclusão.

Cinco alunos (16,7%) — Kamila, Kathy, Leilane, Taísa e Vicente — assinalaram corretamente que há aceleração nos casos em que ocorre variação de velocidade (aumento ou diminuição), independentemente de o tempo estar ou não explícito. Porém, apesar desses acertos, eles demonstraram, pelas respostas dadas a outros itens ou a outras questões, que alguns conceitos alternativos estão convivendo com o científico.

Kathy também marcou, como tendo aceleração, os casos de velocidade constante (“b”, “f” e “i”). Isso me leva a crer que, em sua concepção, aceleração está vinculada tanto à variação quanto à manutenção da velocidade. Nos itens “d”, “e” e “g”, em que é impossível determinar se há aceleração, ela marcou que não há. Vejo aí uma incoerência. Nesses três casos, é apresentado o valor da velocidade num certo instante, e as informações não oferecem condições para que se possa concluir sobre o que ocorrerá com a velocidade, ou seja, se ela vai variar ou permanecer constante. Contudo, não existem outras possibilidades além dessas. Assim, de acordo com o padrão de pensamento que Kathy demonstrou inicialmente, seria de se esperar que ela também assinalasse que havia aceleração nesses casos. Essas incoerências e oscilações no padrão de pensamento são típicas daqueles que possuem conceitos espontâneos ou daqueles que dão respostas aleatórias — “chute”.

Outra aluna (Leilane) respondeu corretamente aos itens em que houve variação de velocidade (“a”, “c”, “h” e “j”), bem como aos itens em que é impossível determinar a existência de aceleração (“d”, “e” e “g”). Porém, errou afirmando que **há** aceleração num carro de Fórmula-1 em que a velocidade é constante. No caso da nave espacial, com velocidade também constante, ela afirmou ser impossível determinar a aceleração. Uma provável explicação para esse caso reside no fato de

que ela pensou no pedal do acelerador para dar a resposta do Fórmula-1. Quanto à nave, talvez ela vislumbre a possibilidade de deslocamento com os motores desligados. Porém, na letra “b”, em que uma pessoa caminha com velocidade também constante, Leilane marcou que não há aceleração.

A Kamila respondeu que há aceleração tanto nos casos em que a velocidade varia quanto nos casos em que a velocidade é constante, exceto para a pessoa caminhando, opção na qual, para ela, não há aceleração.

Taísa respondeu tudo corretamente, ou seja, que há aceleração quando a velocidade varia e que não há quando ela permanece constante. Seu único erro foi no caso da pessoa caminhando, no qual ela respondeu que é impossível determinar a aceleração.

Nesses três últimos casos citados, a questão da pessoa caminhando vagarosamente com velocidade constante provocou minha curiosidade. Além do índice de acerto ser um dos mais baixos (63,3%), as possíveis explicações que me ocorreram são intrigantes. Uma delas é o fato de esses alunos admitirem que somente os veículos automotores possam ter aceleração, relacionando essa grandeza a um pedal ou a um motor. Talvez, por isso, não admitem aceleração vinculada a um ser humano. Outra possibilidade de explicação é eles admitirem que, para velocidades baixas, não há aceleração. Para afirmar categoricamente qual o padrão de pensamento que seguiram, teríamos de submetê-los a uma cuidadosa entrevista ou, ainda, elaborar um questionário mais minucioso, que possibilitasse outros cruzamentos. Porém, como mostraremos no decorrer desta análise, poderemos levantar indícios, os quais permitirão não só avaliar se a aprendizagem foi significativa, como também indicar caminhos para um professor.

O Vicente errou apenas ao afirmar que não existia aceleração num dos itens em que era impossível determinar a presença ou não da aceleração.

Além das constatações já apresentadas acima, várias outras podem ser tiradas da Tabela 11, mas prefiro colocá-las ao longo das descrições que ainda farei neste capítulo.

6.1.1 Mea Culpa — Parte II. Dedicada aos Matemáticos, Físicos, Filósofos, Meticulosos e Chatos!

Quando a aceleração tem valor nulo (zero), ela existe ou não existe? Essa pergunta recebi de um amigo matemático, durante uma apresentação do meu trabalho, em um seminário de pesquisa.

Matematicamente e filosoficamente falando, zero é diferente de não existir, por isso, mesmo sendo nula, ela existe. Porém, levando em consideração o nível da abordagem feita num primeiro ano do ensino médio, optei pela clareza em detrimento do rigor. Assim, na pergunta 16, usei os termos há e não há aceleração, em lugar de aceleração diferente e igual a zero.

6.1.2 Conceitos Espontâneos Apresentados na Questão 16

TABELA 12 - NÚMERO DE CONCEPÇÕES ESPONTÂNEAS RELACIONADAS AO CONCEITO FÍSICO DE ACELERAÇÃO, APRESENTADAS NA QUESTÃO 16

Conceitos espontâneos de aceleração	Nº de alunos	Percentual (%)
$\uparrow V$	4	13,3
$\uparrow V/V$	3	10
$\uparrow V/M$	3	10
$\Delta V/M$	3	10
OSC	6	20
Não apresentaram	11	36,7

Obs.: $\uparrow V$ – aceleração como aumento de velocidade; $\uparrow V/V$ – aceleração ora como aumento de velocidade, ora como a própria velocidade; $\uparrow V/M$ – aceleração como aumento de velocidade e como agente responsável pela manutenção da velocidade; $\Delta V/M$ – aceleração como variação da velocidade e como agente responsável pela manutenção da velocidade, OSC – oscila entre os conceitos espontâneo e científico de aceleração.

Admito que seja possível que alguns desses alunos tenham dado respostas aleatórias (“chute”). Como não é possível saber quem procedeu dessa maneira, considerarei que todos foram coerentes com suas concepções.

A Tabela 39, p. 131, no item 6.8, evidencia quais alunos apresentaram cada uma dessas respostas.

6.2 O QUE VEM À SUA CABEÇA QUANDO OUVES A PALAVRA “ACELERAR”?

Assim como a questão 16, apresento antecipadamente a análise da questão 18 (“O que vem à sua cabeça quando ouve a palavra “**acelerar**”¹⁶?”), pelo fato de ela também estar relacionada com as demais. Ela tem por objetivo colher mais indícios sobre o que o aluno pensa sobre esse conceito físico. Acredito que a frase “o que vem à sua cabeça” é diferente de “o que significa o conceito físico de aceleração”. A primeira, por seu caráter mais informal, pode fazer com que o educando sintam-se mais à vontade e revele suas concepções.

A partir das respostas obtidas exclusivamente nessa questão, detectei três categorias. A Tabela 13 resume os resultados, comparando cada uma das categorias levantadas com o percentual médio de acertos na questão 16.

O desempenho na questão 16 será usado, nessa e em outras perguntas, como uma confirmação da concepção do aluno. À medida que as concepções se afastam da científica, o desempenho médio diminui.

TABELA 13 - O QUE VEM À SUA CABEÇA QUANDO OUVES A PALAVRA “ACELERAR”?

Categorias	Nº de alunos	Percentual (%)	Média na questão 16
Variação de velocidade (aumento ou diminuição)	9	30	84,4
Aumento de velocidade	15	50	76,4
Concepção espontânea	6	20	46,7
Total	30	100	70,3

Admitindo o fator tempo como implícito, a primeira categoria é a concepção científica, ou seja, aceleração como variação da velocidade. Porém, tenho de admitir que alguns dos alunos dessa categoria podem entender aceleração apenas como variação de velocidade (Δv), sem relacioná-la com o fator tempo. Da maneira como a pergunta foi elaborada, não é possível distinguir um caso do outro. Por isso, admitirei essa resposta como científica.

Na segunda categoria, a palavra “acelerar” estava relacionada a aumento de velocidade. Essa concepção está mais distante da científica, porém ainda tem

¹⁶ Esta pergunta faz parte do Questionário II, vide o Anexo 2.

alguma relação com ela. Como trabalhei os movimentos seguindo o mesmo pressuposto do Professor — movimentos retilíneos —, aumento de velocidade é um dos dois casos possíveis. Quando a aceleração não é nula, a velocidade aumenta ou diminui.

Finalmente, na terceira categoria, o conceito de aceleração revelou-se muito distante do científico e muito próximo do cotidiano. Chamarei essa concepção de espontânea.

Embora a questão 18 tenha um caráter informal (“o que vem à sua cabeça...”), observei em vários casos uma coerência entre as respostas dadas a ela com as respostas dadas à questão 16.

A Tabela 14 discrimina as respostas de cada aluno e relaciona as concepções apresentadas nessas duas questões. As implicações dos dados da Tabela 14 serão devidamente discutidas nos itens 6.2.1 a 6.2.4

TABELA 14 - COMPARAÇÃO ENTRE A CONCEPÇÃO DE ACELERAÇÃO DA QUESTÃO 18 COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16

Nome	Resposta dada à pergunta "O que vem à sua cabeça quando ouve a palavra 'acelerar'?"	% de acerto na questão 16	Itens que acertou entre os dois casos em que há aumento de velocidade	Itens que acertou entre os dois casos em que há diminuição de velocidade	Itens que acertou entre os três casos em que a velocidade é constante	Itens que acertou entre os três casos em que era impossível determinar a aceleração
Adriana	Δv	100	2	2	3	3
Aline	$\uparrow v$	80	2	0	3	3
Denise	Δv	50	1	2	2	0
Dimas	$\uparrow v$	100	2	2	3	3
Eliana	CE	40	2	0	2	0
Eliza	CE	30	1	1	0	1
Fabício	Δv	100	2	2	3	3
Gabriel	Δv	100	2	2	3	3
Geovana	$\uparrow v$	60	2	0	1	3
Henrique	$\uparrow v$	80	2	0	3	3
João	$\uparrow v$	100	2	2	3	3
Kamila	Δv	80	2	2	1	3
Kathy	Δv	40	2	2	0	0
Laís	$\uparrow v$	80	2	0	3	3
Laura	$\uparrow v$	30	2	0	1	0
Lauro	$\uparrow v$	40	1	2	1	0
Leilane	$\uparrow v$	80	2	2	1	3
Luís	$\uparrow v$	50	2	1	0	2
Márcia	$\uparrow v$	100	2	2	3	3
Mário	CE	30	1	1	0	1
Mariza	$\uparrow v$	50	1	0	2	2
Marly	CE	40	2	0	0	2
Melina	$\uparrow v$	80	2	0	3	3
Nayane	Δv	100	2	2	3	3
Robson	CE	100	2	2	3	3
Ronaldo	$\uparrow v$	50	2	0	0	3
Soraia	CE	40	2	0	2	0
Taísa	$\uparrow v$	90	2	2	2	3
Vicente	Δv	90	2	2	3	2
Wágner	Δv	100	2	2	3	3

Obs.: Δv – variação de velocidade; $\uparrow v$ – aumento de velocidade; CE – concepção espontânea.

6.2.1 Aceleração como Variação da Velocidade: Concepção Científica

Nove alunos (30%) responderam que acelerar lembrava variação (aumento ou diminuição) de velocidade. Essa resposta sugere uma concepção científica dessa grandeza, apesar de não terem especificado o fator tempo, o qual, como já citei, pode estar implícito nessas respostas.

A Tabela 15, abaixo, destaca as respostas desses alunos.

TABELA 15 - DESEMPENHO, NA QUESTÃO 16, DOS ALUNOS QUE INTERPRETAM ACELERAÇÃO COMO VARIAÇÃO DE VELOCIDADE

Nome	% de acerto na questão 16	Itens que acertou entre os dois casos em que há aumento de velocidade	Itens que acertou entre os dois casos em que há diminuição de velocidade	Itens que acertou entre os três casos em que a velocidade é constante	Itens que acertou entre os três casos em que era impossível determinar a aceleração
Adriana	100	2	2	3	3
Denise	50	1	2	2	0
Fabício	100	2	2	3	3
Gabriel	100	2	2	3	3
Kamila	80	2	2	1	3
Kathy	40	2	2	0	0
Nayane	100	2	2	3	3
Vicente	90	2	2	3	2
Wágner	100	2	2	3	3
Média	84,4				

Em média, esses alunos foram os que apresentaram o melhor desempenho na questão 16. Dos nove, oito responderam corretamente aos itens em que havia aceleração, tanto nos dois casos de aumento, quanto nos dois casos de diminuição de velocidade. Tais respostas evidenciam suas concepções de aceleração como variação de velocidade. Apenas um aluno acertou três dos quatro casos e assinalou, erroneamente, que seria impossível determinar a existência de aceleração num dos casos de aumento de velocidade.

Parece que a concepção de aceleração como variação da velocidade dá indícios de aprendizagem significativa desse conceito, porém não é possível garantir que ela ocorreu. Há alunos, como, por exemplo, a Kamila e a Kathy, que, mesmo dando resposta científica para a questão 18, usaram de conceitos não-científicos na 16. Isso indica que, em suas estruturas cognitivas, estão convivendo os dois tipos de conceitos. Na Tabela 11, observa-se que, em situações em que a velocidade era constante — não há aceleração —, elas afirmaram que há aceleração. Isso revela que, em suas concepções, aceleração também está vinculada à manutenção da velocidade.

6.2.2 Aceleração Exclusivamente Como Aumento de Velocidade: Concepção Parcialmente Científica

Quinze alunos apresentaram, para a questão 18, respostas que sugerem que aceleração está vinculada apenas a aumento de velocidade. Embora essa concepção possa ser considerada espontânea, ela está parcialmente ligada ao científico. A aceleração pode estar tanto ligada a aumento quanto à diminuição de velocidade. A Tabela 16 a seguir, mostra como foi o desempenho desses alunos na questão 16.

TABELA 16 - DESEMPENHO, NA QUESTÃO 16, DOS ALUNOS QUE INTERPRETAM ACELERAÇÃO COMO AUMENTO DE VELOCIDADE

Nome	% de acerto na questão 16	Itens que acertou entre os dois casos em que há aumento de velocidade	Itens que acertou entre os dois casos em que há diminuição de velocidade	Itens que acertou entre os três casos em que a velocidade é constante	Itens que acertou entre os três casos em que era impossível determinar
Aline	80	2	0	3	3
Dimas	100	2	2	3	3
Geovana	60	2	0	1	3
Henrique	80	2	0	3	3
João	100	2	2	3	3
Laura	30	2	0	1	0
Laís	80	2	0	3	3
Leilane	80	2	2	1	3
Lauro	40	1	2	1	0
Luís	50	2	1	0	2
Márcia	100	2	2	3	3
Mariza	50	1	0	2	2
Melina	80	2	0	3	3
Ronaldo	50	2	0	0	3
Taís	90	2	2	2	3
Média	76,4				

Dos quinze alunos, oito (26,7%) foram coerentes com sua concepção de aceleração “como aumento de velocidade” e responderam, na questão 16, que ela não existia nos casos em que a velocidade diminuía. Embora errados em relação ao conceito científico, houve coerência nas respostas, evidenciando concepções de aceleração exclusivamente como aumento de velocidade. A média desses oito alunos, na questão 16, caiu para 63,8%.

Duas alunas — entre os oito acima citados —, além da idéia de aumento de velocidade, também colocaram aceleração como sinônimo de impulso.

Laís: “Dar impulso, dar mais velocidade.”

Geovana: “Acelerar é impulsionar um móvel parado, fazendo com que ele chegue a uma velocidade.”

Outros sete alunos (23,3%), apesar de responderem que aceleração lembrava aumento de velocidade, confirmaram, na questão 16, a existência de aceleração em casos de diminuição. Desses sete alunos, cinco registraram a presença de aceleração tanto em casos em que a velocidade aumentou quanto em casos em que ela diminuiu; um aluno, entre os sete, marcou que não havia aceleração num caso em que a velocidade aumentava e outro marcou ser impossível determiná-la num dos casos em que a velocidade diminuía. Isso pode indicar que esses alunos possuem mais de uma concepção para o conceito de aceleração.

Um primeiro detalhe importante a ser registrado é que, entre esses sete alunos citados, três deles, João, Márcia e Dimas, responderam corretamente às questões 13, 14, 15, 16 e 17, revelando um bom conhecimento do conceito sob o aspecto científico. Parece que, quando questionados de maneira informal “*o que vem à sua cabeça...*”, utilizam o conceito desenvolvido no cotidiano. Quando questionados de maneira que sugere respostas mais formais, utilizam o conceito físico de maneira adequada.

Outro detalhe importante é que, entre os quinze alunos que responderam que aceleração lembrava aumento de velocidade, apenas três acertaram 100% da questão 16, enquanto entre os nove alunos que responderam que aceleração lembrava variação de velocidade – item 6.2.1 —, cinco acertaram 100% da questão 16.

Comparando as Tabelas 15 e 16, observa-se que a média de acertos diminuiu, sugerindo que a concepção parcialmente científica de aceleração interfere na compreensão científica do conceito.

Nos trabalhos de TROWBRIDGE e MCDERMOTT (1981), CARVALHO (1985) e LABURU (1987), o conceito de aceleração como exclusivamente aumento de velocidade era entendido como uma das categorias de conceito espontâneo.

Entendo essa concepção de aceleração, vinculada apenas a aumento de velocidade, como uma categoria intermediária entre o científico e o não-científico. Ela contempla uma parte do conceito e permite respostas que podem ser consideradas científicas para alguns casos (aumento de velocidade).

Pelas Tabelas 15 e 16, observo que, embora essa concepção não permita, em média, uma compreensão tão boa quanto a daqueles que entendem aceleração como variação de velocidade (aumento ou diminuição), ela é melhor que a daqueles que possuem concepções que se afastam bastante do científico. Isso pode ser percebido pelo resultado do item 6.2.3 e pela Tabela 17.

6.2.3 Aceleração: Conceito Espontâneo

Seis alunos (20%) deram respostas mais distanciadas do conceito científico. Dos seis, quatro responderam que aceleração lembrava algo que se deslocava com rapidez e dois responderam que lembrava algo que provoca movimento, talvez pensando no pedal do acelerador de um veículo automotor.

Soraia: “Correr, ser rápido para fazer algo ou concluir algo.”

Eliana: “Corrida, velocidade alta, corrida de Fórmula-1.”

Eliza: “Movimento rápido.”

Marly: “Fazer algo rápido, andar rápido, correr.”

Robson: “Andar para frente, ir para frente.”

Mário: “Você aperta algo, e fazer com que ele saia do lugar.”

A resposta do Mário evidencia a influência do contato com veículos automotores na formação do conceito cotidiano de aceleração.

Essas concepções se afastam bastante do conceito científico. Estão próximas dos conceitos cotidianos de aceleração, os quais também estão registrados em dicionários¹⁷.

¹⁷ **Aceleração:** 1. Ação ou ato de acelerar; aceleração 2. Rapidez na execução; aceleração 3. **Pressa;** precipitação ... (FERREIRA, 1999, p. 28)

TABELA 17 -DESEMPENHO, NA QUESTÃO 16, DOS ALUNOS QUE INTERPRETAM ACELERAÇÃO DE MANEIRA COTIDIANA

Nome	% de acerto na questão 16	Itens que acertou entre os dois casos em que há aumento de velocidade	Itens que acertou entre os dois casos em que há diminuição de velocidade	Itens que acertou entre os três casos em que a velocidade é constante	Itens que acertou entre os três casos em que era impossível determinar a aceleração
Eliana	40	2	0	2	0
Eliza	30	1	1	0	1
Mário	30	1	1	0	1
Marly	40	2	0	0	2
Soraia	40	2	0	2	0
Robson	100	2	2	3	3
Média	46,7				

A Tabela 17 apresenta o desempenho de seis alunos, dos quais cinco tiveram índices muito baixos de acerto na questão 16. A Soraia e a Eliana acertaram 40%, enquanto Eliza, Marly e o Mário apenas 30%. Seus percentuais de acerto estão abaixo da média da turma, que é de 70,3%. Mesmo o Robson, que acertou 100% da questão 16, em outras oportunidades, como veremos mais adiante, apresentou conceitos espontâneos.

Comparando as Tabelas 15, 16 e 17, observa-se uma diminuição no percentual de acerto. Parece que, quanto mais o conceito de aceleração se afasta do científico, menor a média dos alunos na questão 16.

Além disso, essas concepções mais cotidianas e menos científicas possuem pouca capacidade de discriminação e diferenciação dos casos que realmente estão relacionados ao conceito daqueles que não estão. Em média, para esses alunos (exceto o Robson), em quase todos os tipos de situações apresentadas há aceleração. Eles afirmaram que há aceleração quando a velocidade aumenta, em quase todos os casos em que a velocidade era constante, e todos registraram que há aceleração em pelo menos uma das situações em que é impossível determiná-la. Porém, quando o texto indicava diminuição de velocidade, poucos registraram a presença dessa grandeza física.

Uma possível explicação para tantos erros é que, até o momento em que o Questionário II foi aplicado, o Professor tinha dado prioridade para exemplos em

que a velocidade aumentava. Poucos foram os exemplos em que a velocidade diminuía e não houve exemplo em que era impossível determinar a aceleração. Além disso, não foi discutido explicitamente que em movimentos retilíneos, em que a velocidade é constante, a aceleração é nula.

Além disso, sempre são possíveis respostas aleatórias, inclusive respostas aleatórias calculadas, em que o aluno percebe as diferenças e semelhanças entre as afirmações e, por não saber responder corretamente, dá uma resposta diferente qualquer para cada tipo de caso identificado.

6.2.4 Análise das Tabelas 14, 15, 16 e 17

TABELA 18 - RESUMO DAS TABELAS 14 A 17

Concepção na questão 18	Nº de alunos	Percentual médio de acertos na questão 16	Percentual de alunos que acertaram todos os itens da questão 16	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que a velocidade aumentava	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que a velocidade diminuía	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que a velocidade era constante	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que era impossível determinar a existência de aceleração
Δv	9	84,4	55,5	88,9	100	66,7	66,7
$\uparrow v$	15	76,4	20	86,7	40	46,7	73,3
CE	6	46,7	16,7	66,7	16,7	16,7	16,7

Obs.: Δv — conceito científico de aceleração; $\uparrow v$ — conceito de aceleração parcialmente científico; CE — conceito espontâneo de aceleração.

Em todas as colunas, há uma diminuição dos percentuais conforme a concepção apresentada se afasta da científica. A única exceção, para a qual não tenho explicação, ocorre na última coluna. O percentual de acertos nos itens em que é impossível determinar a presença de aceleração é maior para alunos que concebem aceleração apenas como aumento de velocidade.

Pelos resultados apresentados na Tabela 18, julgo que a questão 18 foi importante para essa pesquisa. Ela aponta para o tipo de conhecimento que o aluno possui. Quanto mais o conceito se afasta do científico, menor o desempenho do aluno em todos os tipos de situações a que foram expostos na questão 16.

6.3 VARIAÇÕES IGUAIS DE VELOCIDADE IMPLICAM NUMA MESMA ACELERAÇÃO?

Compreender a relação entre aceleração e tempo é um fator fundamental para a aquisição do conceito científico da aceleração. Por isso, em busca de indícios dessa compreensão, colocamos a questão de número 13.

13) Admita que uma Ferrari, partindo do repouso ($v_0 = 0$), atinge velocidade de 100 km/h em 4 segundos, enquanto um Gol-1000 gasta, a partir do repouso, 10 segundos para atingir a mesma velocidade de 100 km/h. Como os dois carros tiveram a **mesma variação de velocidade** (de 0 a 100 km/h), podemos afirmar que eles possuem a **mesma aceleração**? Responda sim ou não. Justifique.¹⁸

Devido às minhas pesquisas bibliográficas, eu já esperava que alguns alunos poderiam admitir que, se dois corpos variassem igualmente suas velocidades, suas acelerações seriam as mesmas. Nesse caso, tais pessoas estariam ignorando o fator tempo.

A pergunta que fiz foi clara: *“os móveis possuem a mesma aceleração?”*. O objetivo dessa questão era simplesmente saber se o aluno perceberia que elas eram diferentes. Uma resposta correta pode indicar que o aprendiz reconhece algum tipo de relação entre aceleração e tempo ($a = f(t)$).

Devo admitir a possibilidade de a pergunta prevenir o aluno que uma aceleração é maior que a outra. Há uma nítida diferença entre os modelos de carros escolhidos, o que possibilita o acerto por simples relação entre aceleração e potência do motor. Além disso, os números apresentados no problema permitem uma aplicação direta da fórmula. E, por fim, eu não poderia deixar de admitir a possibilidade de o aluno responder corretamente por simples “chute” – aleatoriamente –, por causa de algum conceito espontâneo ou, ainda, por ter estudado algo parecido na 8ª série do ensino fundamental, pois, durante as aulas do Professor, esse tema não foi abordado dessa maneira. Porém, apesar desses fatores, que podem ter ocultado algum aspecto das concepções desses alunos, a

¹⁸ Esta pergunta faz parte do Questionário II, vide no Anexo 2.

pergunta trouxe informações relevantes para esta pesquisa, como mostrarei nos itens a seguir.

Por ter solicitado uma justificativa, o texto da resposta possibilitou-me perceber um pouco do que esses jovens pensavam sobre o tema e assim classificar as respostas em categorias.

A Tabela 19 traz um resumo daquilo que detectei exclusivamente através da questão 13. A Tabela 20 apresenta as respostas dadas pelos alunos à questão 13, comparando-as com as respostas da questão 16.

TABELA 19 - VARIAÇÕES IGUAIS DE VELOCIDADE IMPLICAM NUMA MESMA ACELERAÇÃO?

Categorias obtidas	Nº de alunos	Percentual (%)	Média % na questão 16
Aceleração como razão $\Delta v/\Delta t$	2	6,7	100
Aceleração como algum tipo de função do tempo	21	70	71,4
Aceleração relacionada a conceitos espontâneos	7	23,3	58,6
Total	30	100	

Assim como no item 6.2, os resultados apresentados na Tabela 19 sugerem que, quanto mais a concepção de aceleração se afasta da científica, menor o desempenho desses alunos na questão 16. Aqueles que se enquadram na categoria nitidamente científica (*"Aceleração como razão $\Delta v/\Delta t$ "*) tiveram o maior desempenho. Os que se enquadram em categoria parcialmente científica (*"Aceleração como algum tipo de $f(t)$ "*), tiveram desempenho intermediário, como será melhor discutido mais adiante. Finalmente, aqueles cuja concepção está vinculada a conceitos espontâneos tiveram o menor desempenho.

A Tabela 20 discrimina as concepções de cada aluno na questão 13, comparando com seu desempenho na questão 16.

TABELA 20 - COMPARAÇÃO ENTRE A CONCEPÇÃO DE ACELERAÇÃO DA QUESTÃO 13 COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16

Nome	Respostas à pergunta: "mesma variação de velocidade implica em mesma aceleração?"	% de acerto na questão 16	Itens que acertou entre os dois casos em que há aumento de velocidade	Itens que acertou entre os dois casos em que há diminuição de velocidade	Itens que acertou entre os três casos em que a velocidade é constante	Itens que acertou entre os três casos em que era impossível determinar
Adriana	f(t)	100	2	2	3	3
Aline	f(t)	80	2	0	3	3
Denise	CE - Δv	50	1	2	2	0
Dimas	$\Delta v/\Delta t$	100	2	2	3	3
Eliana	CE - Δs	40	2	0	2	0
Eliza	f(t)	30	1	1	0	1
Fabício	f(t)	100	2	2	3	3
Gabriel	f(t)	100	2	2	3	3
Geovana	CE - Δs	60	2	0	1	3
Henrique	f(t)	80	2	0	3	3
João	f(t)	100	2	2	3	3
Kamila	f(t)	80	2	2	1	3
Kathy	f(t)	40	2	2	0	0
Lais	f(t)	80	2	0	3	3
Laura	f(t)	30	2	0	1	0
Lauro	CE - Δv	40	1	2	1	0
Leilane	f(t)	80	2	2	1	3
Luís	f(t)	50	2	1	0	2
Márcia	f(t)	100	2	2	3	3
Mário	f(t)	30	1	1	0	1
Mariza	CE - A	50	1	0	2	2
Marly	f(t)	40	2	0	0	2
Melina	CE - a = v	80	2	0	3	3
Nayane	$\Delta v/\Delta t$	100	2	2	3	3
Robson	f(t)	100	2	2	3	3
Ronaldo	f(t)	50	2	0	0	3
Soraia	f(t)	40	2	0	2	0
Taísa	f(t)	90	2	2	2	3
Vicente	CE - Δs	90	2	2	3	2
Wágner	f(t)	100	2	2	3	3

Obs.: f(t) — aceleração como algum tipo de função do tempo; $\Delta v/\Delta t$ — aceleração é variação de velocidade/variação do tempo; CE — conceito espontâneo, subdividido em a = v — aceleração como velocidade final; Δv — aceleração como simples variação de velocidade, sem dependência do fator tempo; Δs — aceleração vinculada ao espaço percorrido e; A — resposta aleatória.

6.3.1 Como Razão $\Delta v/\Delta t$

Dois alunos (7,1%), além de afirmarem que a Ferrari tinha uma maior aceleração, efetuaram o cálculo de seu valor. Eles tiveram 100% de acerto na

questão 16, demonstrando que suas concepções de aceleração são compatíveis com a científica.

O primeiro deles, Dimas, efetuou o seguinte cálculo:

$$a = \Delta s / \Delta t \rightarrow a = 100 \text{ km/h} / 4 \text{ s} = 25 \text{ km/h}^2 \text{ e } a = \Delta s / \Delta t \rightarrow a = 100 \text{ km/h} / 10 \text{ s} = 10 \text{ km/h}^2$$

Embora ele tenha usado corretamente o conceito, houve um deslize quanto às unidades de medida, em virtude da mistura de horas com segundos.

Outro aluno a apresentar cálculos foi Nayane. Sua resposta foi assim:

“Não. A Ferrari acelera 100 **km/4s** e o Gol acelera 100 **km/10s**.”

Assim como Dimas, ela usou corretamente o conceito, mas cometeu um equívoco quanto às unidades. O correto seria: $100 \text{ km/h} / 4 \text{ s} = 25 \text{ km/h/s}$ e $100 \text{ km/h} / 10 \text{ s} = 10 \text{ km/h/s}$.

TABELA 21 - COMPARAÇÃO ENTRE AS RESPOSTAS DOS ALUNOS QUE APRESENTARAM CONCEPÇÃO DE ACELERAÇÃO COMO RAZÃO ($\Delta v / \Delta t$) NA QUESTÃO 13 COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16

Nome	% de acerto na questão 16	Itens que acertou entre os dois casos em que há aumento de velocidade	Itens que acertou entre os dois casos em que há diminuição de velocidade	Itens que acertou entre os três casos em que a velocidade é constante	Itens que acertou entre os três casos em que era impossível determinar a aceleração
Dimas	100	2	2	3	3
Nayane	100	2	2	3	3
Média	100				

6.3.2 Aceleração Como Algum Tipo de $f(t)$

A maioria dos alunos (21) deu respostas que indicam que eles percebem algum tipo de relação entre aceleração e tempo, porém nem todos deixaram transparecer claramente suas concepções. Veja a resposta da Márcia.

Márcia: “Não. Porque o Gol levou 10 segundos e a Ferrari 4. A aceleração só seria igual se os dois levassem o mesmo tempo.”

A resposta dada por Márcia não está errada, porém, da maneira como ela respondeu, não é possível saber exatamente o que ela pensa sobre aceleração. Ela poderia ter usado as mesmas palavras, independentemente de sua concepção, desde que tal concepção se relacionasse com o tempo de forma direta ou inversamente proporcional ou, ainda, com alguma função quadrática, cúbica ou qualquer outra. Quatorze alunos deram respostas parecidas com a da Márcia.

Outros alunos deram uma resposta um pouco mais reveladora.

Taísa: “Não, a Ferrari deve ter uma aceleração maior, pois atingiu 100 km/h em menos segundos.”

Essa afirmação mostra que ela entende aceleração como algum tipo de função inversamente proporcional ao tempo. Isso fica claro pelo fato de ela afirmar que a aceleração da Ferrari é maior porque a velocidade de 100 km/h foi atingida em menos tempo. Porém, a resposta estaria correta, qualquer que fosse a função, desde que inversa em relação ao tempo. Porém, acredito que, pela idade dos alunos e pelos currículos de Matemática normalmente praticados até o primeiro ano do ensino médio, dificilmente tal função seria diferente de uma razão ($\Delta v / \Delta t$).

Apesar da Taísa e outros apresentarem respostas melhores que a da Márcia, veremos, nos itens 7.1 e 7.2, que nem sempre isso implica em melhor desempenho geral no Questionário II. A Taísa, por exemplo, teve desempenho um pouco inferior ao da Márcia. Aliás, a Márcia está entre os alunos que melhor demonstraram ter compreendido o conceito científico de aceleração.

Como já citei no item 6.3, tenho de admitir que, da forma como a pergunta foi feita, alguns poderão responder corretamente por pensar exclusivamente na potência dos motores dos veículos ou por nela obter alguma espécie de reforço. Veja o que a Aline respondeu.

Aline: “Não, porque além da Ferrari ter mais potência, ela atingiu a velocidade de 100 km/h em menos tempo que o Gol-1000.”

Para ela, a Ferrari tem maior aceleração por dois fatores: a potência e o menor tempo.

Assim, dos 21 alunos, acredito que eu esteja agrupando tanto alunos que concebem aceleração como razão entre variação de velocidade e intervalo de tempo — razão ($\Delta v / \Delta t$) — quanto alunos que concebem outros tipos de relações.

A Tabela 22 mostra o desempenho dos alunos na questão 16.

TABELA 22 - DESEMPENHO, NA QUESTÃO 16, DOS ALUNOS QUE POSSUEM CONCEPÇÃO DE ACELERAÇÃO RELACIONADA A ALGUM TIPO DE FUNÇÃO DO TEMPO

Nome	% de acerto na questão 16	Itens que acertou entre os dois casos em que há aumento de velocidade	Itens que acertou entre os dois casos em que há diminuição de velocidade	Itens que acertou entre os três casos em que a velocidade é constante	Itens que acertou entre os três casos em que era impossível determinar a aceleração
Adriana	100	2	2	3	3
Aline	80	2	0	3	3
Eliza	30	1	1	0	1
Fabício	100	2	2	3	3
Gabriel	100	2	2	3	3
Henrique	80	2	0	3	3
João	100	2	2	3	3
Kamila	80	2	2	1	3
Kathy	40	2	2	0	0
Laís	80	2	0	3	3
Laura	30	2	0	1	0
Leilane	80	2	2	1	3
Luís	50	2	1	0	2
Márcia	100	2	2	3	3
Mário	30	1	1	0	1
Marly	40	2	0	0	2
Robson	100	2	2	3	3
Ronaldo	50	2	0	0	3
Soraia	40	2	0	2	0
Taísa	90	2	2	2	3
Wágner	100	2	2	3	3
Média	71,4				

Com base na Tabela 22, é possível observar que, dos 21 alunos, 33,3% erraram, não apontando a presença de aceleração nos casos em que a velocidade diminuía; 38% erraram, registrando a presença de aceleração em casos nos que a velocidade era constante; e 23,8% erraram afirmando haver aceleração nos casos em que era impossível determiná-la. No entanto, sete alunos (33,3%) acertaram todos os itens, o que é um forte indício de que entendem aceleração como razão ($\Delta v/\Delta t$).

Apesar de todos os 21 alunos terem apresentado respostas grosso modo corretas para a questão 13, todas isentas de conceitos não-científicos, os dados do

parágrafo acima indicam que alguns não possuem uma concepção científica de aceleração, ou nem sempre a utilizam em suas respostas. Isso mostra que somente uma resposta correta não indica o quão significativa é a aprendizagem e, como mostraremos no decorrer deste trabalho, conceitos científicos podem conviver com conceitos não-científicos. Acredito que será no cruzamento de todas as respostas que poderemos saber o quão significativa é a aprendizagem de um aluno.

6.3.3 Aceleração Relacionada com Conceitos Espontâneos

A Tabela 23 traz uma comparação entre os alunos que apresentaram respostas com conceitos espontâneos e seus desempenhos na questão 16.

Nessa categoria — 7 alunos (23,3%) —, agrupei os que apresentaram algum tipo de conceito espontâneo ou resposta aleatória. A média desse grupo na questão 16 foi de 58,6%, (nenhum aluno acertou 100% dos itens).

Dos sete, quatro deram respostas corretas, ou seja, afirmaram que as acelerações do Gol e da Ferrari eram diferentes, mas suas justificativas deixaram transparecer algum tipo de idéia não-científica.

TABELA 23 - COMPARAÇÃO ENTRE A CONCEPÇÃO DE ACELERAÇÃO DA QUESTÃO 13, DAQUELES QUE APRESENTAM ALGUM CONCEITO ESPONTÂNEO COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16

Nome	Mesma variação de velocidade implica em mesma aceleração?	% de acerto na questão 16	Itens que acertou entre os dois casos em que há aumento de velocidade	Itens que acertou entre os dois casos em que há diminuição de velocidade	Itens que acertou entre os três casos em que a velocidade é constante	Itens que acertou entre os três casos em que era impossível determinar a aceleração
Denise	CE - Δv	50	1	2	2	0
Eliana	CE - Δs	40	2	0	2	0
Geovana	CE - Δs	60	2	0	1	3
Lauro	CE - Δv	40	1	2	1	0
Mariza	A	50	1	0	2	2
Melina	CE - $a=v$	80	2	0	3	3
Vicente	CE - Δs	90	2	2	3	2
Média		58,6				

Obs.: CE – conceito espontâneo; Δs – aceleração vinculada ao espaço percorrido; Δv – aceleração vinculada somente à variação de velocidade; $a = v$ – aceleração igual a velocidade final; A – resposta aleatória

Melina, por exemplo, afirmou:

Melina: “Não, o motorista da Ferrari começou com uma aceleração maior, mas depois foi a mesma que a do Gol.”

Ao afirmar que a aceleração da Ferrari “*começou maior*”, ela mostra que faz uma relação com o tempo. Porém, ao afirmar que “*depois foi a mesma que a do Gol*”, indica que pode estar pensando que, ao atingir a mesma velocidade, a aceleração é a mesma. Isso dá indícios de uma concepção em que aceleração é uma relação entre a velocidade instantânea final e o tempo instantâneo final ou, ainda, que ela possui duas idéias distintas sobre o mesmo conceito (v/t e $\Delta v/\Delta t$). Seu percentual de acerto na questão 16 foi de 80%, assinalando que há aceleração nos dois casos em que há aumento de velocidade, que não há nos casos em que há diminuição, que não há nos casos em que a velocidade é constante e respondendo corretamente os casos em que é impossível determiná-la.

A Geovana parece ter relacionado aceleração com distância percorrida.

Geovana: “Não, pois a aceleração da Ferrari é maior e mais potente, pois fez com que ela alcançou o lugar antes.”

Embora ela tenha dado uma resposta grosso modo correta (as acelerações **não** são iguais), o final da sua frase, “*fez com que ela alcançou o lugar antes*”, traz indícios de uma concepção de aceleração ligada à posição ou ao deslocamento do móvel. Intuitivamente, ela pode estar entendendo aceleração como $\Delta s/\Delta t$, ou seja, aceleração implica em chegar primeiro ou andar mais em menos tempo. O mesmo se deu com as respostas da Eliana e do Vicente.

Eliana: “Não. Pois a Ferrari faz 100 km/h em apenas 4 segundos, dando mais oportunidade para completar mais km em mais tempo.”

Vicente: “Não, pois aceleração é diferente de espaço percorrido, no caso acima, eles percorrem o mesmo espaço, porém com tempos diferentes.”

Na verdade, os carros não percorrem a mesma distância até atingirem a velocidade de 100 km/h. A Ferrari percorrerá uma distância bem menor.

Uma aluna (3,3%), Mariza, deu uma resposta que considero aleatória.

Mariza: “Não. Porque não varia.”

Não consegui entender a colocação da Mariza. É possível que sua resposta tenha sido aleatória.

Dois alunos responderam que sim, ou seja, que a aceleração era a mesma. Considero como conceito espontâneo quando, nessa questão, um aluno afirma serem iguais as acelerações dos dois móveis, mesmo tendo os tempos explicitamente diferentes. Isso indica que eles concebem aceleração apenas como variação de velocidade ($a = \Delta v$), sem relação com o tempo. Porém, na questão 18, essa resposta – variação de velocidade – foi considerada científica. Qual o motivo da diferença? Bem, a 13 é diferente da 18 – “*o que vem à sua cabeça ...*”. Enquanto na 18 havia um caráter mais informal, em que o tempo não era explicitado, na 13 o tempo não só está explicitado, como também é o fator diferencial entre os dois casos citados (Ferrari e Gol). Foi por isso que, na questão 18, quando o aluno respondia que aceleração lembrava variação de velocidade, considere tal resposta como científica e, na questão 13, como espontânea. Os próprios alunos, naturalmente, provavelmente sem a necessidade de uma reflexão profunda, perceberam a diferença. Isso fica evidente quando comparamos os nove (9) alunos que deram a resposta considerada científica, na questão 18, com os dois (2) que deram a resposta $a = \Delta v$, considerada espontânea na 13. Apenas a Denise faz parte dos dois grupos.

Denise: “Sim, porque eles atingiram a mesma velocidade. Só o tempo é que muda.”

O Lauro também disse que sim, porém sua justificativa foi confusa.

Lauro: “Sim, na minha opinião depende da potência do motor. Um Gol-1000 é carro de rua. Não pode ter um motor como o da Ferrari, potente.”

A impressão que dá é que ele quis dizer que a aceleração é a mesma e que talvez o menor tempo de variação da velocidade seja devido à potência e não devido à aceleração. Além dessa resposta, outras três, independentemente da categoria em que foram classificadas, fizeram menção à potência ou à superioridade do motor da Ferrari em relação ao do Gol-1000. É possível que a potência do motor tenha influenciado suas afirmações.

Em LABURU (1987), um percentual equivalente a 50% de seus entrevistados do 2º ano do ensino médio entendiam aceleração como simples variação de velocidade. Em meu trabalho, detectei tal conceito espontâneo em apenas 6,7%. Muitos podem ser os fatores que determinam uma diferença tão

grande entre os resultados das duas pesquisas. Porém, ausubelianamente, é possível encontrar uma explicação. A assimilação passa por um processo chamado de “oblição” (item 2.2). Imediatamente após a aprendizagem, o aluno sabe o equivalente a uma soma entre o que ele já sabia e o que aprendeu. Com o passar do tempo, essas duas informações vão se fundindo e se transformando, sendo esquecidas algumas partes do conceito. Assim, o aluno passa a saber algo diferente daquilo que sabia e daquilo que aprendeu. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 108-115)

Segundo MOREIRA (1999, p. 27), “o conhecimento está sujeito à influência erosiva de uma tendência reducionista da organização cognitiva. (...) Entretanto, as vantagens da assimilação oblição para o funcionamento cognitivo ocorrem às custas da perda de diferenciação do conjunto de proposições detalhadas e de informações específicas que constituem o recheio, quando não a própria estrutura sustentadora de qualquer *corpus* de conhecimentos”. Assim, é possível, mas não certo, que alguns dos alunos do 2º ano, entrevistados por Laburu, tenham passado por esse processo. Caso isso realmente tenha ocorrido, para eles aceleração se transformou em variação de velocidade e o fator tempo foi oblição. Entre meus alunos pesquisados, a Denise e o Lucas ainda não incorporaram o componente Δt do conceito de aceleração de forma substantiva.

6.3.4 Análise das Tabelas 21, 22 e 23

Em todas as colunas da Tabela 24 há uma diminuição dos percentuais conforme a concepção apresentada se afasta da científica. Por esses dados, julgo que, do ponto de vista qualitativo, a questão 13 nos levou a resultados similares aos da questão 18. Das três categorias levantadas, a primeira é nitidamente científica, a segunda se aproxima da científica e a terceira é nitidamente espontânea.

Quanto mais o conceito se afasta do científico, menor o desempenho dos alunos em todos os tipos de situações a que foram expostos na questão 16.

TABELA 24 - RESUMO DAS TABELAS 21, 22 E 23

Concepção na questão 13	Nº de alunos	Percentual médio de acertos na questão 16	Percentual de alunos que acertaram todos os itens da questão 16	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que a velocidade aumentava	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que a velocidade diminuía	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que velocidade era constante	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que era impossível determinar a aceleração
$\Delta v/\Delta t$	2	100	100	100	100	100	100
$f(t)$	21	71,4	33,3	90,5	52,4	47,6	66,7
CE	7	58,6	0	57,1	42,9	28,6	28,6

Obs.: $\Delta v/\Delta t$ — aceleração como razão entre variação de velocidade e intervalo de tempo; $f(t)$ - aceleração como algum tipo de função do tempo; CE — aceleração relacionada a conceitos espontâneos.

6.4 UM MÓVEL COM PEQUENA ACELERAÇÃO PODE ATINGIR UMA GRANDE VELOCIDADE?

Na questão 14, minha tentativa é verificar se esses alunos relacionam o conceito de aceleração com o intervalo de tempo. A questão é a seguinte:

14) Um objeto, partindo do repouso, está sujeito a uma aceleração ($0,000.000.001 \text{ m/s}^2$). É possível, devido a essa baixa aceleração, que ele atinja uma velocidade de 300 km/h? Responda “sim” ou “não” e justifique¹⁹. Não há necessidade de fazer contas.

Segundo a Mecânica newtoniana, apesar da baixa aceleração é possível que o móvel atinja qualquer velocidade. É uma questão de tempo.

A Tabela 25 resume as respostas obtidas nessa questão, enquanto a Tabela 26 apresenta as respostas que cada aluno deu à questão 14, comparando com suas respostas à questão 16.

¹⁹ Esta pergunta faz parte do Questionário II, vide Anexo 2.

TABELA 25 - UM MÓVEL COM PEQUENA ACELERAÇÃO PODE ATINGIR UMA GRANDE VELOCIDADE?

Categorias	Nº de alunos	Percentual dos Alunos (%)	Média da questão 16
Sim. Aceleração como razão de $\Delta v/\Delta t$	18	60	75,5
Sim. Aceleração proporcional à velocidade ($a = f(v)$)	5	16,7	64
Não, pois a aceleração é muito baixa	6	20	56,7
Não responderam	1	3,3	-

Novamente, foi possível dividir as respostas em três categorias, sendo uma científica e as demais se distanciando da científica. Os percentuais médios de acerto na questão 16 novamente apontam para esse distanciamento.

TABELA 26 - COMPARAÇÃO ENTRE A CONCEPÇÃO DE ACELERAÇÃO DA QUESTÃO 14 COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16

Nome	Mesmo com uma aceleração baixa, é possível atingir uma velocidade de 300 km/h?	% de acerto na questão 16	Itens que acertou entre os dois casos em que há aumento de velocidade	Itens que acertou entre os dois casos em que há diminuição de velocidade	Itens que acertou entre os três casos em que a velocidade é constante	Itens que acertou entre os três casos em que era impossível determinar a aceleração
Adriana	Sim	100	2	2	3	3
Aline	NR	80	2	0	3	3
Denise	Não	50	1	2	2	0
Dimas	Sim	100	2	2	3	3
Eliana	Sim	40	2	0	2	0
Eliza	Sim	30	1	1	0	1
Fabício	Sim	100	2	2	3	3
Gabriel	Sim	100	2	2	3	3
Geovana	a= f(v)	60	2	0	1	3
Henrique	Não	80	2	0	3	3
João	Sim	100	2	2	3	3
Kamila	a= f(v)	80	2	2	1	3
Kathy	Não	40	2	2	0	0
Laís	Não	80	2	0	3	3
Laura	Sim	30	2	0	1	0
Lauro	a= f(v)	40	1	2	1	0
Leilane	Sim	80	2	2	1	3
Luís	a= f(v)	50	2	1	0	2
Márcia	Sim	100	2	2	3	3
Mário	Sim	30	1	1	0	1
Mariza	Não	50	1	0	2	2
Marly	Sim	40	2	0	0	2
Melina	Sim	80	2	0	3	3
Nayane	a= f(v)	100	2	2	3	3
Robson	Sim	100	2	2	3	3
Ronaldo	Sim	50	2	0	0	3
Soraia	Não	40	2	0	2	0
Taísa	Sim	90	2	2	2	3
Vicente	Sim	90	2	2	3	2
Wágner	Sim	100	2	2	3	3

Obs.: NR – não respondeu; a = f(v) – alunos que responderam sim, ou seja, que é possível se a aceleração for aumentando. Isso significa que aceleração é uma função da velocidade.

6.4.1 Aceleração Como Razão de $\Delta v/\Delta t$

Dezoito alunos (60%) responderam corretamente que “sim”, dando indícios de que compreendiam aceleração como razão.

Dimas: “Sim, mais isso vai demorar muito, mais muito tempo mesmo.”

Um dos alunos, o Mário, usou a matemática como um agente estruturador de seu raciocínio, de forma correta e explícita.

Mário: “Sim, porque na fórmula se o tempo, por exemplo, e a velocidade inicial é alta, tem chance de alcançar essa velocidade”.

Apesar da questão admitir um carro que parte do repouso, o Mário está certo. Outra possibilidade de o móvel atingir tal velocidade seria ele já ter uma grande velocidade inicial. Nesse caso, mesmo num pequeno intervalo de tempo seria possível chegar à velocidade da questão.

TABELA 27 - COMPARAÇÃO ENTRE A CONCEPÇÃO DE ACELERAÇÃO COMO RAZÃO $\Delta v/\Delta t$, NA QUESTÃO 14, COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16

Nome	% de acerto na questão 16	Itens que acertou entre os dois casos em que há aumento de velocidade	Itens que acertou entre os dois casos em que há diminuição de velocidade	Itens que acertou entre os três casos em que a velocidade é constante	Itens que acertou entre os três casos em que era impossível determinar a aceleração
Adriana	100	2	2	3	3
Dimas	100	2	2	3	3
Eliana	40	2	0	2	0
Eliza	30	1	1	0	1
Fabício	100	2	2	3	3
Gabriel	100	2	2	3	3
João	100	2	2	3	3
Laura	30	2	0	1	0
Leilane	80	2	2	1	3
Márcia	100	2	2	3	3
Mário	30	1	1	0	1
Marly	40	2	0	0	2
Melina	80	2	0	3	3
Robson	100	2	2	3	3
Ronaldo	50	2	0	0	3
Taísa	90	2	2	2	3
Vicente	90	2	2	3	2
Wágner	100	2	2	3	3
Média	75,5				

Como se pode observar na tabela anterior, mesmo alguns alunos que tiveram baixo desempenho na questão 16 conseguiram responder corretamente à questão 14. Se um aluno possuir uma concepção de aceleração apenas como aumento de velocidade, já é suficiente para que ele dê uma resposta correta. Assim,

fica mais uma vez evidente que, para saber qual a compreensão que um aluno tem sobre o tema, é necessário relacionar várias de suas respostas.

6.4.2 Aceleração Proporcional à Velocidade ($a = f(v)$)

Cinco alunos (16,7%), responderam que “sim”, ou seja, que é possível atingir a velocidade de 300 km/h, porém admitiram que seria necessário que a aceleração aumentasse no decorrer do tempo. Esse tipo de resposta parece indicar que a aceleração vai se capitalizando, ou seja, vai aumentando de valor e, conseqüentemente, aumenta a velocidade. Isso pode indicar uma concepção de que a aceleração é função da velocidade ($a = f(v)$).

Geovana: “Sim, pois a partir do momento que ele começa a andar ele vai pegando impulso e cada vez mais aumenta a aceleração.”

Kamila: “Sim, o valor da aceleração é pequeno, mas ele tem possibilidade de alcançar 300 km/h, se a aceleração for aumentando gradativamente”.

Lauro: “Sim, porque todos os carros começam acelerar pouco e em seguida vai aumentando”.

Luís: “Sim, pois no decorrer do tempo ele pode aumentar a sua aceleração, dependendo se ele for um objeto que possa chegar a esse tipo de velocidade”.

Nayane: “Sim. Ele pode variar a aceleração com o passar do tempo”.

Todos deram respostas muito parecidas, ou seja, que para variar a velocidade a aceleração deve aumentar. Embora isso também possa ocorrer, ou seja, aumentando a aceleração a velocidade aumenta, não é a única possibilidade. Mesmo com uma aceleração constante, a velocidade varia. Essa concepção contempla parte do conceito científico e talvez, por isso, o desempenho dos alunos que se enquadram nessa categoria seja, em média, intermediário entre os da categoria científica e os da não-científica.

TABELA 28 - COMPARAÇÃO ENTRE A CONCEPÇÃO DE ACELERAÇÃO COMO ALGUM TIPO DE FUNÇÃO DA VELOCIDADE, NA QUESTÃO 14, COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16

Nome	% de acerto na questão 16	Itens que acertou entre os dois casos em que há aumento de velocidade	Itens que acertou entre os dois casos em que há diminuição de velocidade	Itens que acertou entre os três casos em que a velocidade é constante	Itens que acertou entre os três casos em que era impossível determinar a aceleração
Geovana	60	2	0	1	3
Kamila	80	2	2	1	3
Lauro	40	1	2	1	0
Luís	50	2	1	0	2
Nayane	100	2	2	3	3
Média	64				

6.4.3 Como a Aceleração é Baixa, Não é Possível Atingir 300 km/h

Seis alunos (20%) responderam que não é possível, pois a aceleração é baixa.

TABELA 29 - COMPARAÇÃO ENTRE A CONCEPÇÃO DE QUE A ACELERAÇÃO É MUITO BAIXA, NA QUESTÃO 14, E QUE POR ISSO NÃO É POSSÍVEL ATINGIR 300 km/h, COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16

Nome	% de acerto na questão 16	Itens que acertou entre os dois casos em que há aumento de velocidade	Itens que acertou entre os dois casos em que há diminuição de velocidade	Itens que acertou entre os três casos em que a velocidade é constante	Itens que acertou entre os três casos em que era impossível determinar a aceleração
Denise	50	1	2	2	0
Henrique	80	2	0	3	3
Kathy	40	2	2	0	0
Laís	80	2	0	3	3
Mariza	50	1	0	2	2
Soraia	40	2	0	2	0
Média	56,7				

Grosso modo, essas respostas e as respostas dos alunos do item anterior não são muito diferentes. Todos eles não admitem a possibilidade de se atingir tal velocidade com a baixa aceleração apresentada na pergunta. A diferença é que

aqueles que vislumbraram a possibilidade do aumento de aceleração enxergaram uma possibilidade ligada ao conceito científico.

6.4.4 Comparação entre os Resultados das Tabelas 27, 28 e 29

Como a Tabela 30 indica, em todas as situações apresentadas, há um nítida diminuição nos percentuais de acerto. A única exceção ocorreu nas perguntas que indicavam velocidade constante, razão pela qual não há aceleração.

Mais uma vez, parece que os dados nos levam a pensar que, quanto mais uma concepção se afasta da científica, menor é o percentual de acerto na questão 16.

TABELA 30 - RESUMO DAS TABELAS 27, 28 E 29

Concepção na questão 14	Nº de alunos	Percentual médio de acertos na questão 16	Percentual de alunos que acertaram todos os itens da questão 16	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que a velocidade aumentava	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que a velocidade diminuía	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que, sendo a velocidade constante, não há aceleração	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que era impossível determinar a aceleração
$\Delta v/\Delta t$	18	75,5	44,4	88,9	61,1	55,5	66,7
$f(v)$	5	64	20	80	60	20	60
$a\downarrow$	6	56,7	0	66,7	33,3	33,3	33,3

Obs.: $\Delta v/\Delta t$ – resposta “sim” com justificativa indicando aceleração como razão entre variação de velocidade e intervalo de tempo; $f(v)$ — resposta “sim” com justificativa indicando aceleração como algum tipo de função da velocidade; $a\downarrow$ — resposta “não” com justificativa indicando que a aceleração é muito pequena.

6.5 O FATO DE UM CARRO SE MOVIMENTAR IMPLICA EM ACELERAÇÃO?

A questão de número 15 é a seguinte:

15) Todo carro que esteja em movimento tem aceleração? Responda “sim” ou “não” e justifique²⁰.

²⁰ Esta pergunta faz parte do Questionário II, vide Anexo 2.

Coloquei esta pergunta, pois muitos relacionam aceleração ao simples ato de apertar o pedal do acelerador de um veículo. (LABURU, 1987, p. 258). Outros a relacionam apenas a aumento de velocidade ou, ainda, a confundem com o conceito de velocidade.

Espera-se que uma aprendizagem significativa, a partir da instrução escolar desse conceito, promova no educando uma capacidade de diferenciar o científico do espontâneo. O aluno deve entender que nem todo corpo em movimento tem aceleração, como é o caso do movimento retilíneo e uniforme.

TABELA 31 - O FATO DE UM CARRO SE MOVIMENTAR IMPLICA EM ACELERAÇÃO?

Categorias	Nº de alunos	Percentual dos Alunos (%)	Média da questão 16
Não, acompanhado de justificativa científica.	8	26,7	98,7
Não, acompanhado de conceito espontâneo ou com justificativa de difícil compreensão.	7	23,3	51,7
Sim, todo carro em movimento tem aceleração.	15	50	61,3

TABELA 32 - COMPARAÇÃO ENTRE A CONCEPÇÃO DE ACELERAÇÃO DA QUESTÃO 15 COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16

Nome	Todo carro que esteja em movimento tem aceleração?	% de acerto na questão 16	Itens que acertou entre os dois casos em que há aumento de velocidade	Itens que acertou entre os dois casos em que há diminuição de velocidade	Itens que acertou entre os três casos em que a velocidade é constante	Itens que acertou entre os três casos em que era impossível determinar a aceleração
Adriana	Não	100	2	2	3	3
Aline	Sim	80	2	0	3	3
Denise	Sim	50	1	2	2	0
Dimas	Não	100	2	2	3	3
Eliana	Sim	40	2	0	2	0
Eliza	Não/CE	30	1	1	0	1
Fabício	Não	100	2	2	3	3
Gabriel	Sim	100	2	2	3	3
Geovana	Sim	60	2	0	1	3
Henrique	Não/CE	80	2	0	3	3
João	Não	100	2	2	3	3
Kamila	Não/CE	80	2	2	1	3
Kathy	Não/CE	40	2	2	0	0
Laís	Sim	80	2	0	3	3
Laura	Sim	30	2	0	1	0
Lauro	Não/CE	40	1	2	1	0
Leilane	Sim	80	2	2	1	3
Luís	Sim	50	2	1	0	2
Márcia	Não	100	2	2	3	3
Mário	Sim	30	1	1	0	1
Mariza	Sim	50	1	0	2	2
Marty	Sim	40	2	0	0	2
Melina	Não/CE	80	2	0	3	3
Nayane	Não	100	2	2	3	3
Robson	Sim	100	2	2	3	3
Ronaldo	Não/CE	50	2	0	0	3
Soraia	Sim	40	2	0	2	0
Taísa	Sim	90	2	2	2	3
Vicente	Não	90	2	2	3	2
Wágner	Não	100	2	2	3	3

Obs.: Não — Não, acompanhado de justificativa científica; Não/CE – Não, acompanhado de resposta com conceito espontâneo ou de difícil interpretação; Sim – Sim, para haver movimento é necessário aceleração.

6.5.1 Respostas Corretas Acompanhadas de Justificativa Científica

Oito alunos deram respostas corretas, justificando-as cientificamente. Como exemplo, coloco as respostas do Fabrício e do João.

Fabrício: “Não. Se o carro estiver em movimento, velocidade constante a aceleração é 0, nula. Tem aceleração quando a velocidade muda.”

João: “Não. Porque se a velocidade for sempre igual, a aceleração será nula”.

As respostas dos demais alunos foram similares. A Tabela 31 mostra o percentual de acerto na questão 16 e as respostas dadas a essa questão.

TABELA 33 - COMPARAÇÃO ENTRE AS RESPOSTAS CORRETAS ACOMPANHADAS DE JUSTIFICATIVA, CIENTÍFICA NA QUESTÃO 15, COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16

Nome	% de acerto na questão 16	Itens que acertou entre os dois casos em que há aumento de velocidade	Itens que acertou entre os dois casos em que há diminuição de velocidade	Itens que acertou entre os três casos em que a velocidade é constante	Itens que acertou entre os três casos em que era impossível determinar a aceleração
Adriana	100	2	2	3	3
Dimas	100	2	2	3	3
Fabício	100	2	2	3	3
João	100	2	2	3	3
Márcia	100	2	2	3	3
Nayane	100	2	2	3	3
Vicente	90	2	2	3	2
Wágner	100	2	2	3	3
Média	98,7				

Pela Tabela 33, observo que alunos que deram resposta científica para a questão 15 apresentaram desempenho máximo na questão 16, exceto o Vicente, que errou apenas um item. Além disso, todos foram coerentes, acertando os três itens em que a velocidade era constante, razão pela qual não havia aceleração.

Esse resultado difere das questões anteriores, pois, nas outras, mesmo alunos que não apresentavam bom desempenho na questão 16 estavam entre os que apresentavam respostas científicas. Além disso, alguns dos que apresentavam respostas científicas em algumas situações eram incoerentes na questão 16 ou, ainda, apresentavam conceitos não-científicos convivendo com científicos.

6.5.2 Resposta Correta Acompanhada de Justificativa com Conceito Espontâneo ou de Dificil Compreensão

Sete alunos deram resposta correta, ou seja, que para haver movimento não é necessário aceleração, porém usaram de justificativas não-científicas ou de difícil compreensão. A Tabela 34, a seguir, mostra o desempenho desses alunos na questão 16.

TABELA 34 - COMPARAÇÃO ENTRE AS RESPOSTAS CORRETAS ACOMPANHADAS DE JUSTIFICATIVA COM ALGUM TIPO DE CONCEITO ESPONTÂNEO OU DE DIFÍCIL COMPREENSÃO, NA QUESTÃO 15, COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16

Nome	% de acerto na questão 16	Itens que acertou entre os dois casos em que há aumento de velocidade	Itens que acertou entre os dois casos em que há diminuição de velocidade	Itens que acertou entre os três casos em que a velocidade é constante	Itens que acertou entre os três casos em que era impossível determinar a aceleração
Eliza	30	1	1	0	1
Henrique	80	2	0	3	3
Kamila	80	2	2	1	3
Kathy	40	2	2	0	0
Lauro	40	1	2	1	0
Melina	80	2	0	3	3
Ronaldo	50	2	0	0	3
Média	57,1				

Dos sete, quatro deram respostas acompanhadas de conceitos espontâneos bem claros. Suas respostas foram as seguintes:

Melina: *“Não. Ele acelera para dar o movimento e depois continua andando mesmo que em movimento mais lerdos até parar.”*

Ao responder à questão 16, a Melina acertou todos os itens em que a velocidade era constante. É possível que ela tenha esquecido esse caso no momento em que respondeu à questão 15. Em comparação com Melina, o Henrique apresentou semelhanças e diferenças. Veja sua resposta.

Henrique: *“Não. Ele pode estar numa descida ou estar com velocidade constante, aí a aceleração é nula, ou seja, não existe”.*

Veja que ele se lembrou do movimento uniforme tanto na questão 15 quanto na 16. Porém, ao citar o caso da “descida”, ele demonstrou possuir um conceito espontâneo convivendo com outro científico. Para esse aluno, não há contradição entre os dois casos. Essas duas estruturas sobrevivem amigavelmente. Para ele, um corpo em uma descida não é acelerado, provavelmente por não precisar da intervenção do motor para manter o movimento e ganhar mais velocidade. Na ocasião em que esta pesquisa foi aplicada, o Professor não havia discutido com a turma os assuntos “queda livre” e “planos inclinados”. O Henrique utilizou um conceito criado em seu cotidiano, talvez por observar um motorista soltando seu carro na “banguela” — ponto morto ou marcha neutra —, ou talvez por já ter observado um carro descendo uma rampa com o motor desligado. Provavelmente seja essa a estrutura cognitiva do Henrique e são esses os conhecimentos prévios que vão ancorar sua aprendizagem. (AUSUBEL, 1962, p. 219)

Dois outros alunos também apresentaram respostas interessantes.

Lauro: “Não, o carro pode ter velocidade, mas não aceleração. Ex.: estou andando com o carro acelerando, de repente, coloco em ponto morto, não acelero, mas pega uma certa velocidade.”

Ronaldo: “Não. Porque se ele estiver numa grande aceleração e cortá-la, o carro levará um certo tempo para parar.”

Essas respostas são muito parecidas e sugerem que só há aceleração quando a velocidade aumenta. Esses mesmos alunos fazem parte do grupo que, no item 6.2.2, referente à questão 18, afirmou que acelerar lembra “aumento de velocidade”.

Percebe-se, pela Tabela 34, que o padrão de pensamento desses quatro alunos é muito parecido. Eles trabalham com um conceito de aceleração mais distante do científico e, na questão 16, confirmaram essa concepção não assinalando a presença de aceleração nos casos em que a velocidade diminuía. Apenas o Lauro foge do padrão, especificamente nesse item.

Três outras alunas deram respostas também corretas, ou seja, que para haver movimento não é necessário aceleração, porém usaram de justificativas de difícil interpretação. Suas respostas foram as seguintes:

Eliza: “Não”. (sem justificativa)

Kamila: “Não, porque para um carro se movimentar é só necessário uma velocidade.”

Kathy: “Não, o movimento pode se dar pela velocidade.”

Tanto a resposta da Kamila quanto a da Kathy são muito parecidas. Comparando também suas respostas à questão 16 – vide Tabela 34 –, seus padrões de pensamento sobre aceleração são bem similares. Ambas deram respostas parecidas à questão 18, afirmando que aceleração lembrava variação de velocidade.

6.5.3 Para Ocorrer Movimento é Necessário Aceleração

Quinze alunos (50%), responderam que, para haver movimento, é necessário aceleração. Eis alguns exemplos:

Luís: “Sim, pois ele precisa de aceleração para andar.”

Gabriel: “Sim, porque para se movimentar é necessário uma aceleração inicial, e depois talvez outra aceleração no decorrer do trajeto.”

Laís: “Sim, porque dependendo do lugar, exige uma aceleração. Ex.: semáforo.”

Aline: “Sim, pois a partir do momento que ele (carro) parte do repouso, o carro cria uma velocidade tendo uma certa aceleração.”

TABELA 35 - COMPARAÇÃO ENTRE AS RESPOSTAS DAQUELES QUE AFIRMARAM QUE PARA HAVER MOVIMENTO É NECESSÁRIO ACELERAÇÃO, NA QUESTÃO 15, COM O DESEMPENHO NA QUESTÃO 16

Nome	% de acerto na questão 16	Itens que acertou entre os dois casos em que há aumento de velocidade	Itens que acertou entre os dois casos em que há diminuição de velocidade	Itens que acertou entre os três casos em que a velocidade é constante	Itens que acertou entre os três casos em que era impossível determinar a aceleração
Aline	80	2	0	3	3
Denise	50	1	2	2	0
Eliana	40	2	0	2	0
Gabriel	100	2	2	3	3
Geovana	60	2	0	1	3
Laís	80	2	0	3	3
Laura	30	2	0	1	0
Leilane	80	2	2	1	3
Luís	50	2	1	0	2
Mário	30	1	1	0	1
Mariza	50	1	0	2	2
Marly	40	2	0	0	2
Robson	100	2	2	3	3
Soraia	40	2	0	2	0
Taísa	90	2	2	2	3
Média	61,3				

Esses quinze alunos podem ser assim distribuídos, conforme suas respostas: três alunos (10%) responderam que para ocorrer movimento é necessário haver aceleração, mantendo coerência com as respostas da questão 16 e confirmando a existência de aceleração, mesmo em casos em que a velocidade se mantinha constante, provavelmente pensando no pedal do acelerador sendo apertado, em especial para carros que partem do repouso.

Quatro alunos (13,3%), Aline, Gabriel, Laís e Robson, responderam que “sim”, ou seja, que um carro em movimento precisa de aceleração. Porém, ao responderem à questão 16, eles demonstraram saber que em movimento uniforme a aceleração é nula, pois, sempre que o texto dizia que a velocidade era constante, eles afirmaram, corretamente, que não havia aceleração. Por isso, concluo que eles simplesmente não se lembraram desse caso no momento em que responderam à questão 15.

Além disso, a cada pergunta respondida, desde que haja alguma reflexão, o conceito de aceleração pode sofrer reestruturações na mente desses alunos, levando-os, questão à questão, a uma melhor compreensão.

Dois alunos (6,7%), responderam que “sim”, que todo carro em movimento tem aceleração. Na questão 16, para o Fórmula-1 e para a nave eles confirmaram essa posição. Para a pessoa em movimento, ambos afirmaram ser impossível determinar a aceleração. Mais uma vez fica aquela dúvida já citada anteriormente: será que, para esses alunos, aceleração está vinculada a um motor ou, pelo fato de a velocidade ser baixa, eles não admitem aceleração?

Seis alunos (20%) responderam “sim” para a questão 15, porém foram incoerentes na questão 16, dando respostas que dificultaram estabelecer seus padrões de pensamento.

Mais uma vez fica claro que não é na resposta de apenas uma questão que a aprendizagem significativa fica evidenciada. Porém, especificamente na questão 15, parece que uma resposta científica é um forte indício de aprendizagem significativa.

6.5.4 Comparação Entre as Tabelas 33, 34 e 35

TABELA 36 - RESUMO DAS TABELAS 33, 34 E 35

Concepção na questão 15	Nº de alunos	Percentual médio de acertos na questão 16	Percentual de alunos que acertaram todos os itens da questão 16	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que velocidade aumentava	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que a velocidade diminuía	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que a velocidade era constante	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que era impossível determinar a aceleração
Não	8	98,7	87,5	100	100	100	87,5
Não/CE	7	57,1	0	71,4	42,8	28,6	57,1
Sim	15	61,3	13,3	80	33,3	26,7	46,7

Obs.: Não — Não, acompanhado de justificativa científica; Não/CE — Não, acompanhado de resposta com conceito espontâneo ou de difícil interpretação; Sim — Sim, para haver movimento é necessário aceleração.

É nítida a superioridade do desempenho daqueles que demonstraram ter uma concepção científica de aceleração.

Porém, as outras duas respostas, comparando coluna por coluna, oscilam, sendo maior ora uma, ora outra. Uma possível explicação é que o fato de um aluno dar resposta correta com justificativa acompanhada de conceito espontâneo ou dar uma resposta errada provocado também por uma concepção alternativa é praticamente a mesma coisa.

Além disso, temos de considerar que alguns se esqueceram do movimento uniforme no momento que responderam à pergunta 15, como já discutimos no item anterior. Se eles tivessem se lembrado desse caso, provavelmente os percentuais da tabela acima seriam diferentes. Assim, na Tabela 37, faço uma simulação, considerando que aqueles quatro alunos (Aline, Gabriel, Laís e Robson) tivessem considerado este caso em suas respostas.

TABELA 37 - RESUMO DAS TABELAS 33, 34, 35 E 36 (SIMULADO)

Concepção na questão 15	Nº de alunos	Percentual médio de acertos na questão 16	Percentual de alunos que acertaram todos os itens da questão 16	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que a velocidade aumentava	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que a velocidade diminuía	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que, sendo a velocidade constante, não há a aceleração	Percentual de alunos que acertaram todos os itens em que era impossível determinar a existência de aceleração
Não	12	95,8	75	100	83,3	100	100
Não/CE	7	57,1	0	71,4	42,8	28,6	57,1
Sim	11	50,9	0	72,7	27,2	0	27,2

Obs.: Não — Não, acompanhado de justificativa científica; Não/CE – Não, acompanhado de resposta com conceito espontâneo ou de difícil interpretação; Sim – Sim, para haver movimento é necessário aceleração.

Ao que parece, os valores agora apresentados são mais coerentes com os padrões de respostas obtidos nos itens 6.2, 6.3 e 6.4, ou seja, quanto mais um conceito se afasta do científico, pior o desempenho dos alunos na questão 16.

6.6 QUEDA SIMULTÂNEA DE CORPOS COM MASSAS DIFERENTES

No momento em que o questionário foi aplicado, antes de ler a questão 17 com os alunos realizei um pequeno experimento. Soltei, simultaneamente de uma

mesma altura, dois pedaços de giz: um grande e outro pequeno. Ao serem abandonados, eles caíam juntos, atingindo a superfície da mesa ao mesmo tempo. Ressaltei que o maior tinha mais massa e repeti algumas vezes a experiência, olhando para todos os lados da sala, até ter certeza de que todos a acompanharam.

Não posso garantir que essa experiência seja completamente nova para a maioria deles. É possível que ela já tenha sido vista no ensino fundamental. Porém, este ano, com certeza, eles não a viram.

Após o experimento, pedi a eles que respondessem à questão 17.

17) Dois corpos de massas diferentes, um mais leve e outro mais pesado, são abandonados simultaneamente de uma mesma altura. Marque **verdadeiro (V)** ou **falso (F)** para cada uma das afirmações a seguir²¹.

- () O tempo gasto na queda é o mesmo para os dois corpos.
- () A distância que eles percorrem é a mesma.
- () Eles atingem o solo com a mesma velocidade.
- () A velocidade do corpo mais pesado é sempre maior
- () A aceleração dos dois corpos é a mesma.
- () A aceleração do corpo mais pesado é sempre maior.

Essa questão constitui-se numa tentativa de expor os alunos a uma situação real, avaliando assim se eles relacionam os conceitos físicos que estudam na escola com aquilo que observam na prática.

A Tabela 39 — item 6.8 —, na coluna 8, apresenta os percentuais de acerto de cada aluno na questão 17.

Vinte e quatro alunos (80%) acertaram todos os itens, dando indícios de pensamento científico. Porém, muitos apresentaram respostas não-científicas em outras questões. Qual o motivo de esses alunos terem médias tão diferentes nas questões 16 e 17? Por que a maioria das respostas na questão 17 sugere um pensamento científico? Uma possível resposta pode estar no fato de essa questão ter sido acompanhada de uma experiência concreta. Eles viram os pedaços de giz caindo juntos e talvez, por isso, conseguiram dar respostas corretas para as perguntas.

²¹ Esta pergunta faz parte do Questionário II, vide Anexo II.

Além disso, como os alunos responderam às questões seguindo a seqüência em que eram apresentadas no questionário, tenho de admitir que é possível que alguns deles, por refletirem várias vezes sobre o tema, estivessem com os conceitos mais claros ao responderem à questão 17. Porém, eu só poderia afirmar que realmente isso ocorreu se aplicasse o mesmo questionário em outras turmas, apresentando as questões em ordens diferentes.

Seis alunos (20%) cometeram algum tipo de erro nessa questão. Desses, destaco três (10%), os quais demonstraram possuir um conceito alternativo compatível com o paradigma aristotélico. As respostas desses três alunos estão registradas na Tabela 38.

TABELA 38 - RESPOSTAS ARISTOTÉLICAS SOBRE QUEDAS DOS CORPOS

Respostas	Resposta científica	Kamila	Leilane	Robson
O tempo gasto na queda é o mesmo para os dois corpos.	V	V	V	V
A distância que eles percorrem é a mesma.	V	V	V	V
Eles atingem o solo com a mesma velocidade.	V	F	F	F
A velocidade do corpo mais pesado é sempre maior.	F	V	V	V
A aceleração dos dois corpos é a mesma.	V	V	F	F
A aceleração do corpo mais pesado é sempre maior.	F	F	V	F

Como é possível observar, os três possuem padrões de pensamento sobre velocidade muito parecidos, só divergindo entre si quanto à aceleração.

Os dois pedaços de giz partiram do repouso e, simultaneamente, percorreram a mesma distância até tocarem a mesa. Do ponto de vista científico, suas velocidades eram iguais e, conseqüentemente, suas acelerações também.

Apesar dos três alunos terem constatado que o tempo de queda era o mesmo e que a distância percorrida também era a mesma, eles não perceberam que os dois pedaços de giz tocaram a mesa com velocidade iguais. Para a Kamila, isso é até compreensível, pois ela demonstrou oscilar entre o científico e o cotidiano em suas respostas ao Questionário I. Nesse mesmo questionário, a Leilane e o Robson mostraram entender o conceito de velocidade. Mesmo assim, eles deram

respostas também espontâneas, não relacionando os conceitos científicos, que demonstraram ter aprendido, com aquilo que observaram.

Esses três alunos compartilham do tradicional pensamento aristotélico: o corpo mais pesado cai com maior velocidade. Esse conceito alternativo resistiu até mesmo à observação do experimento.

6.7 QUAL A INTERPRETAÇÃO QUANTITATIVA QUE ESSES ALUNOS TÊM DO CONCEITO DE ACELERAÇÃO?

Sei que acertar ou errar algumas das perguntas desses questionários não é garantia de que houve ou não aprendizagem significativa, mas acredito que o cruzamento de todas as perguntas pode nos dar indícios da compreensão desses alunos sobre nosso objeto de estudo.

Segundo COSTA e MOREIRA (2002, p. 71)

A tendência dos alunos em resolver problemas (...) é o de resolver um 'quebra-cabeça', um jogo com suas 'ferramentas' disponíveis (nem sempre com significado para eles) para serem utilizadas numa situação específica. No momento em que este 'jogo' exige que eles precisem tomar decisões mais profundas, raciocinar, descrever caminhos ou interpretar os dados ou resultados, as suas representações internas são requeridas e sua exteriorização nos permite fazer algumas inferências sobre a compreensão que está sendo atribuída ao problema que desenvolvem.

Por isso, coloquei esta última pergunta, buscando uma interpretação mais formal e quantificada do conceito de aceleração:

19) O que significa uma aceleração de 2 m/s^2 ? ²²

A resposta correta a essa pergunta é que, a cada segundo, a velocidade varia 2 m/s . Isso exige, além da interpretação quantitativa, uma compreensão do conceito como razão $\Delta v/\Delta t$ e de suas unidades de medida.

²² Esta pergunta faz parte do Questionário II, vide Anexo 2.

6.7.1 Respostas Erradas ou Confusas

Vinte e cinco alunos (83,3%) deram respostas confusas ou erradas à pergunta 19. Desses, nove (30%) interpretaram o conceito de aceleração como de velocidade, dando respostas como a do Henrique.

Henrique: “A cada segundo ele anda 2 m”.

Essa resposta expressa uma velocidade de 2 m/s e não uma aceleração de 2m/s^2 .

Não é possível afirmar que tais alunos confundem aceleração com velocidade, porém o fato de não perceberem esses deslizos revela que seus conceitos de velocidade e aceleração ainda não estão bem diferenciados, pelo menos do ponto de vista das unidades de medida.

6.7.2 Aceleração Como Aceleração

Três alunos (10%) responderam corretamente à pergunta 19, afirmando que tal aceleração significa que a cada segundo haverá uma variação de velocidade de 2 m/s, como, por exemplo, João.

João: “Significa que a cada segundo a velocidade do móvel aumenta 2 m/s”.

Dois alunos (6,7%) responderam de forma praticamente correta, demonstrando compreensão do conceito, mas cometendo algum tipo de deslize ao colocarem as unidades de medida.

Adriana: “Que a cada segundo a velocidade aumenta 2 m.”

Wágner: “Significa que a velocidade varia em 2 m/s^2 .”

Há um detalhe significativo em relação a esses alunos. Dos cinco, três acertaram todos os itens do questionário. Uma quarta aluna, a Taísa, cometeu apenas dois erros. Um deles foi na questão 16, no item que tratava da pessoa caminhando vagarosamente (ela afirmou ser impossível determinar se há aceleração). O outro foi na questão 15, a qual perguntava se todo carro em movimento tem aceleração. Sua resposta foi a seguinte:

Taísa: “Sim, pois se um carro tem aceleração negativa e velocidade positiva, ele pára depois de um tempo, mas, se a aceleração e a velocidade forem positivas, ele vai ganhar mais velocidade.”

Embora, em relação à pergunta, sua resposta esteja errada por causa do “sim”, suas colocações sobre os sinais da velocidade e aceleração foram formalmente corretas. Parece que, no momento de responder à questão, ela não se lembrou do movimento retilíneo uniforme, mas logo a seguir, na questão 16, percebeu que em tal movimento a aceleração é nula, exceto no caso da pessoa caminhando, como já citei.

Assim, dos cinco, quatro tiveram um bom desempenho no Questionário II. Isso sugere que a compreensão quantitativa do conceito de aceleração é um indício de aprendizagem significativa, porém não é nenhuma garantia.

Luís, por exemplo, respondeu corretamente à questão 19, no entanto foi um dos que mais cometeram erros, além de ter demonstrado muitos conceitos espontâneos.

6.8 ANÁLISE GERAL DOS QUESTIONÁRIOS

Para efetuar uma análise geral dos questionários, montei uma Ficha de Análise com questões que julguei importante observar.

As perguntas são as seguintes:

- 1) O aluno interpreta aceleração como simples variação de velocidade?
($a = \Delta v$) () sim () não
- 2) Ele consegue identificar aceleração como razão da variação da velocidade pela função do tempo?
() sim () às vezes () não.
- 3) Na questão 15, ele demonstrou conceber que a existência de velocidade implica em aceleração?
() sim () não
- 4) Qual seu percentual de acertos na questão 16?

- 5) Na questão 16, ele demonstrou entender que aceleração implica em:
- () variação de velocidade () só aumento de velocidade
() manutenção da velocidade
- 6) Na questão 16, ele percebe que não há aceleração quando a velocidade é constante?
- () sim () às vezes () não.
- 7) Na questão 16, ele deu indícios de entender aceleração como (v/t) , assinalando que havia aceleração em situações em que é impossível determinar sua presença?
- () sim () às vezes () não.
- 8) Qual seu percentual de acertos na questão 17?
- 9) O que vem à sua cabeça quando ouve a palavra “acelerar”?
- 10) Consegue interpretar corretamente o significado quantitativo de aceleração?
- () sim () não.
- 11) Qual o número de concepções espontâneas apresentadas?

Com base nessa ficha, foi montada a Tabela 39. Ela servirá de referência para as conclusões desta pesquisa e, em especial, usarei a pergunta 11 (número de concepções espontâneas apresentadas), como item principal para a análise dos questionários. Mais adiante fundamentarei minhas razões.

6.8.1 Os Conceitos Não-Científicos Apresentados

A Tabela 39, a seguir, entre muitas informações, traz as concepções espontâneas apresentadas pelos alunos, assim como as concepções que possuem aspectos da concepção científica. Resumidamente, elas são as seguintes: muitos concebem que, para aumentar a velocidade, deve-se aumentar a aceleração, ou seja, a aceleração é proporcional à velocidade; outros entendem que a aceleração está vinculada à distância percorrida ou ao simples fato de existir movimento; uma quantidade expressiva de alunos entende que há necessidade de aceleração para manter uma velocidade, mesmo que ela seja constante; porém, a concepção em que mais há adeptos é a de que aceleração está vinculada somente a aumento de

velocidade; além dessas, a concepção aristotélica de que o corpo mais pesado cai com maior velocidade também apareceu entre as respostas; aceleração também foi relacionada com velocidade instantânea pelo tempo; como simples variação da velocidade, sem o fator tempo; aceleração como sinônimo de velocidade. Em vários momentos, aceleração foi relacionada ao pedal do acelerador de um veículo.

Esses conceitos de aceleração não foram ensinados pelo Professor. São conceitos construídos em suas experiências de vida, provavelmente ao ouvirem repetidas vezes, em variadas situações, as palavras “acelerar”, “aceleração” e outras correlatas. Situações como acelerações em carros, ônibus, motocicletas ou mesmo em bicicletas podem contribuir para a formação desses conceitos²³ espontâneos que podem interferir tanto positivamente quanto negativamente na aprendizagem do conceito científico.

A discussão da Tabela 39 resultou no capítulo 7 deste trabalho.

²³ Uso aqui o termo “formação de conceito” conforme a Teoria de Ausubel, já comentado no item 2.2.

TABELA 39 - ANÁLISE GERAL DAS RESPOSTAS DADAS AO QUESTIONÁRIO II

Nome	1) Interpreta aceleração como simples variação de velocidade?	2) Consegue identificar aceleração como razão $\Delta v/\Delta t$?	3) Concebe que a existência de velocidade implica em aceleração?	4) Percentual de acertos na questão 16	5) Concepções na questão 16	6) Percebe que não há aceleração quando a velocidade é constante?
Adriana	N	S	N	100	ΔV	S
Aline	N	NR	S	80	$\uparrow V$	S
Denise	S	N	S	50	OSC	AV
Dimas	N	S	N	100	ΔV	S
Eliana	N	S	S	40	$\uparrow V/V$	AV
Eliza	N	S	N	30	OSC	N
Fabício	N	S	N	100	ΔV	S
Geovana	N	N	S	60	$\uparrow V/M$	AV
Gabriel	N	S	S	100	ΔV	S
Henrique	N	N	N	80	$\uparrow V$	S
João	N	S	N	100	ΔV	S
Kamila	N	N	N	80	$\Delta V/M$	AV
Kathy	N	N	N	40	$\Delta V/M$	N
Laura	N	S	S	30	$\uparrow V/V$	AV
Laís	N	N	S	80	$\uparrow V$	S
Leilane	N	S	S	80	$\Delta V/M$	AV
Lauro	S	N	N	40	OSC	AV
Luís	N	N	S	50	OSC	N
Márcia	N	S	N	100	ΔV	S
Marly	N	S	S	40	$\uparrow V/M$	N
Mariza	N	N	S	50	OSC	OSC
Mário	N	S	S	30	OSC	N
Melina	N	S	N	80	$\uparrow V$	S
Nayane	N	N	N	100	ΔV	S
Robson	N	S	S	100	ΔV	S
Ronaldo	N	S	N	50	$\uparrow V/M$	N
Soraia	N	N	S	40	$\uparrow V/V$	S
Taísa	N	S	S	90	ΔV	AV
Vicente	N	S	N	90	ΔV	S
Wágner	N	S	N	100	ΔV	S
Resposta científica esperada	N	S	N	100	ΔV	S

Obs.: S – sim; N – não; AV – às vezes; $\uparrow V$ – aumento de velocidade; $\uparrow V/M$ – aumento e manutenção da velocidade; $\uparrow V/V$ – aumento e a própria velocidade; ΔV – variação da velocidade; $\Delta V/M$ – variação da velocidade e manutenção; I – impulso; OSC – oscilando entre o espontâneo e o científico; NR – não respondeu a essa questão; M – movimento; R – rapidez.

TABELA 39 - ANÁLISE GERAL DAS RESPOSTAS DADAS AO QUESTIONÁRIO II

continuação

Nome	7) Assinalou que havia aceleração em situações em que é impossível determinar sua presença?	8) Percentual de acertos na questão 17	9) O que vem à sua cabeça quando ouve a palavra "acelerar"?	10) Consegue interpretar corretamente o significado quantitativo de aceleração?	11) Número de concepções espontâneas apresentadas
Adriana	N	100	ΔV	S	0
Aline	N	100	$\uparrow V$	N	-
Denise	S	100	ΔV	N	3
Dimas	N	100	$\uparrow V$	N	0
Eliana	S	100	R	N	3
Eliza	AV	100	R	N	-
Fabício	N	100	ΔV	N	0
Geovana	N	83	$\uparrow V/I$	N	3
Gabriel	N	67	ΔV	N	1
Henrique	N	100	M	N	3
João	N	100	$\uparrow V$	S	0
Kamila	N	67	ΔV	N	3
Kathy	N	100	ΔV	N	2
Laura	AV	100	$\uparrow V$	N	2
Laís	N	100	$\uparrow V/I$	N	3
Leilane	N	33	$\uparrow V$	N	2
Lauro	N	100	$\uparrow V$	N	3
Luís	AV	83	$\uparrow V$	S	2
Márcia	N	100	$\uparrow V$	N	0
Marly	AV	100	R	N	2
Mariza	OS	100	$\uparrow V$	N	3
Mário	AV	100	M	N	1
Melina	N	100	$\uparrow V$	N	2
Nayane	N	100	ΔV	N	1
Robson	N	50	M	N	2
Ronaldo	N	100	$\uparrow V$	N	2
Soraia	S	100	R	N	3
Taísa	N	100	$\uparrow V$	S	1
Vicente	N	100	ΔV	N	1
Wágner	N	100	ΔV	S	0
Resposta científica esperada	N	100	ΔV	S	0

Obs.: S – sim; N – não; AV – às vezes; $\uparrow V$ – aumento de velocidade; $\uparrow V/M$ – aumento e manutenção da velocidade; $\uparrow V/V$ – aumento e a própria velocidade; ΔV – variação da velocidade; $\Delta V/M$ – variação da velocidade e manutenção; I – impulso; OSC – oscilando entre o espontâneo e o científico; NR – não respondeu a essa questão; M – movimento; R – rapidez.

7 RESPONDENDO À PERGUNTA DA PESQUISA

Observando os resultados obtidos através da Tabela 39, constatei que os alunos que apresentaram menor quantidade de conceitos espontâneos foram os que, em termos gerais, tiveram um melhor desempenho no questionário.

Assim, na tentativa de agrupar pessoas com graus similares de aprendizagem do conceito de aceleração, usarei a quantidade de conceitos espontâneos que esses alunos demonstraram possuir como critério para selecioná-los. Relacionarei, para cada grupo, os resultados dos dois questionários, registrados nas várias tabelas apresentadas até aqui.

A Tabela 40, abaixo, apresenta quatro grupos, de acordo com a quantidade de conceitos espontâneos apresentados.

TABELA 40 - NÚMERO DE CONCEITOS ESPONTÂNEOS APRESENTADOS

Nº de conceitos espontâneos	Nº de alunos	Percentual (%)	Média na questão 16
0	6	22,2	100
1	5	18,5	82
2	7	25,9	60
3	9	33,3	57,7

Não utilizarei, neste capítulo, os dados referentes a três alunos: Aline, Eliza e Ronaldo. A Aline não respondeu a uma pergunta do Questionário II, assim, não posso saber se nessa questão ela apresenta ou não algum conceito espontâneo. Eliza deu respostas nitidamente aleatórias para a questão 16. Isso ocorreu em todos os tipos de situações apresentadas nessa questão. Tanto nos casos de aumento ou diminuição de velocidade quanto nos casos em que, ou não havia aceleração ou era impossível determiná-la, ela colocava respostas diferentes para situações iguais. É impossível estabelecer seu padrão de pensamento. Ronaldo, por sua vez, não respondeu ao Questionário I, razão pela qual se torna impossível estabelecer algumas das comparações que pretendo fazer. Assim, de agora em diante, trabalharei com os questionários de vinte e sete alunos.

Como minha busca é ausubeliana, creio ser necessário observar se existem condições para que ocorra aprendizagem significativa. Por isso, no Questionário I

verifiquei se o aluno possui predisposição em aprender e se ele possui os subsunçores necessários.

Quanto ao material de aprendizagem, parto do princípio de que ele é potencialmente significativo, por razões já apresentadas no capítulo 4.

A Tabela 41 traz o grau de prazer que cada aluno possui em estudar Física, extraído da Tabela 6; o resultado das perguntas sobre velocidade (Questionário I), caracterizando assim os subsunçores; o número de conceitos espontâneos apresentados; e o percentual de acerto na questão 16, registrados na Tabela 39.

Optei por usar o resultado da questão 16, pois, por duas razões, vejo nela uma síntese quantitativa da aprendizagem do conceito de aceleração. A primeira é por ela contemplar variados aspectos do conceito de aceleração (aumento e diminuição de velocidade, situações em que não há aceleração e situações em que é impossível determiná-la). A segunda vem do fato de ser possível expressar seus resultados através de uma nota (percentual de acerto). A questão 17 também permite que seu resultado seja expresso através de uma nota, porém não aborda os variados aspectos da grandeza aceleração.

TABELA 41 - RELAÇÃO ENTRE NÚMERO DE CONCEITOS ESPONTÂNEOS APRESENTADOS, PRAZER EM ESTUDAR FÍSICA, SUBSUNÇORES E RESPOSTAS À PERGUNTA 16 DO QUESTIONÁRIO II

Nome	Grau de prazer em estudar Física	Subsunçores (conceito de velocidade)	Número de conceitos espontâneos apresentados	% de acerto na questão 16
Adriana	5	S	0	100
Dimas	6	S	0	100
Fabício	5	S	0	100
João	5	S	0	100
Márcia	5	S	0	100
Wágner	5	S	0	100
Média	5,2			100
Gabriel	6	S	1	100
Mário	5	S	1	30
Nayane	4	S	1	100
Taís	5	S	1	90
Vicente	4	S	1	90
Média	4,8			82
Kathy	4	S	2	40
Laura	4	OSC	2	30
Leilane	6	S	2	80
Luís	6	S	2	50
Marly	5	OSC	2	40
Melina	4	S	2	80
Robson	6	S	2	100
Média	5			60
Kamila	6	OSC	3	80
Denise	5	OSC	3	50
Eliana	2	OSC	3	40
Geovana	2	I	3	60
Henrique	6	OSC	3	80
Laís	4	I	3	80
Lauro	1	S	3	40
Mariza	5	I	3	50
Soraia	6	OSC	3	40
Média	4,1			57,7
Média geral	4,7			72,2

Obs.: I – insuficiente; NR – não respondeu; OSC – oscilando entre espontâneo e científico; S – suficiente.

Utilizando o método de Pearson²⁴, efetuei uma análise estatística simples, relacionando as variáveis apresentadas na Tabela 41. A Tabela 42²⁵ traz o resultado dessa análise, evidenciando o grau de relação entre duas dessas variáveis.

TABELA 42 - CORRELAÇÃO DE PEARSON PARA AS VARIÁVEIS DA TABELA 41

	Número de conceitos espontâneos apresentados	Grau de prazer em estudar Física	Percentual de acerto na questão 16	Subsunçores - (conceito de velocidade)
Número de conceitos espontâneos		-0,2820 15,41	-0,6349 0,04	-0,6971 0,01
Grau de prazer em estudar Física	-0,2820 15,41		0,3590 6,59	0,2135 28,49
Percentual de acerto na questão 16	-0,6349 0,04	0,3590 6,59		0,4123 3,26
Subsunçores (conceito de velocidade)	-0,6971 0,01	0,2135 28,49	0,4123 3,26	

Obs.: Em cada célula da tabela, o número de cima, em negrito, indica a Correlação de Pearson. O número de baixo, em itálico, indica o percentual de chance do número de Pearson estar errado.

Pela Tabela 42, é possível constatar que os resultados mais expressivos foram os referentes às relações entre as variáveis “número de conceitos espontâneos” e “percentual de acerto da questão 16”, assim como os “subsunçores para a aprendizagem do conceito de aceleração” – conceito de velocidade – e o “número de conceitos espontâneos”.

Pelo sinal, constata-se que ambas são relações inversas, ou seja, quanto maior a quantidade de conceitos espontâneos, menor a quantidade de acertos na questão 16 e menos estruturado está o conceito de velocidade.

²⁴ Na Correlação de Pearson, resultados compreendidos entre -1 e -0,7, indicam forte relação inversa; entre -0,7 e -0,3, moderada relação inversa; e, entre -0,3 e 0, fraca relação inversa. Valores entre 0 e 0,3 indicam fraca relação direta; entre 0,3 e 0,7; moderada relação direta; e, entre 0,7 e 1, forte relação direta.

²⁵ Para entender os resultados registrados na Tabela 42; o leitor deverá cruzar linha e coluna, identificando assim a relação entre duas dessas variáveis.

Esses resultados indicam que, quanto mais conceitos espontâneos uma pessoa tiver, menos adequada estará sua estrutura cognitiva para ancorar um conceito científico a ela correlacionado, através do ensino tradicional. Acredito que tal resultado só foi obtido devido ao estilo do instrumento de pesquisa, reforçando minha confiança nele. Avaliações tradicionais, que exigem apenas algoritmos para resolver problemas, não são capazes de evidenciar os conceitos espontâneos nem permitem que sejam levantadas as concepções de um aluno sobre determinado tema. Provas tradicionais de Física, em que números devem ser substituídos em fórmulas, não são capazes de dar indícios sobre a estrutura cognitiva de um aluno.

A relação entre o subsunçor “conceito científico de velocidade” e o “percentual de acerto da questão 16” revelou-se direta e de intensidade média. Acredito que isso significa que outros subsunçores, o que eu não previa, devem também interferir na aprendizagem do conceito de aceleração, tais como o conceito de taxa de variação, o conceito cotidiano de velocidade e o próprio conceito cotidiano de aceleração, entre outros possíveis.

A relação entre o “grau de prazer em estudar Física” e as demais variáveis demonstraram relações fracas ou no limite entre fraca e média. Na Tabela 41, observa-se que, em geral, as notas que os alunos apresentaram para o seu prazer em estudar Física foram altas. Atribuo isso à relação afetiva entre o Professor e a turma. Tenho por crença que o bom relacionamento entre quem ensina e quem aprende influencia positivamente na relação do aluno com a disciplina, contribuindo com a aprendizagem.

7.1 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS DOS ALUNOS QUE NÃO APRESENTARAM CONCEITOS ESPONTÂNEOS

Seis alunos não apresentaram conceitos espontâneos. Cruzando as informações das Tabelas 20, 26, 32 e 39, observei que todos acertaram as questões de 13 a 17, dando apenas respostas científicas. Porém, nas questões 18 e 19, algumas respostas destoaram dos desempenhos desses alunos nas demais questões. A Tabela 43 evidencia essas respostas.

TABELA 43 - RESPOSTAS DOS ALUNOS QUE NÃO APRESENTARAM CONCEITOS ESPONTÂNEOS NAS QUESTÕES 18 E 19

Nome	18) O que vem à sua cabeça quando ouve a palavra “acelerar”?	19) O que significa uma aceleração de 2 m/s^2 ?
João	Vem o pensamento de aumentar a velocidade de um certo objeto.	Significa que a cada segundo a velocidade do móvel aumenta 2 m/s .
Adriana	Que um corpo aumenta ou diminui do mesmo jeito.	Que a cada um segundo a velocidade aumenta de 2 m .
Wágner	Variação de velocidade. Aumento ou diminuição de velocidade.	Significa que a velocidade varia de 2 m/s^2 .
Fabício	Variar a velocidade, aumentando ou diminuindo.	A cada segundo o móvel varia 2 m .
Dimas	Aumentar a velocidade de alguma coisa ou objeto.	A cada segundo um determinado objeto anda 2 m .
Márcia	Um carro aumentando sua velocidade.	Que ele percorre 2 metros por cada s^2 . Eu não sei se é isso, mas é o que eu acho.

João deu uma resposta para a questão 18 que se aproxima mais do conhecimento cotidiano de aceleração, porém na questão 19 sua resposta é rigorosamente científica. A Adriana e o Wágner deram respostas científicas para a questão 18, enquanto na questão 19 eles cometeram um erro na unidade de velocidade, que pode ser fruto de simples descuido.

Fabício deu resposta científica para a questão 18 e na questão 19 não é possível saber o que ele quis dizer. Ele pode tanto estar dizendo de maneira formal que o móvel se desloca 2 m como de maneira informal que a velocidade varia 2 m/s . É comum, na linguagem cotidiana, ouvir motoristas referindo-se à velocidade sem o “/h”. Por exemplo: “O trânsito estava muito lento. Andávamos a no máximo 30 km ”. Já vi essa forma de expressão até em placas de trânsito: “Velocidade Máxima: 40 km ”. Numa dessas placas, inclusive, vi a marca de um “grafiteiro científico” que acrescentou em spray o “/h”. Por isso, é difícil saber exatamente em que o Fabício pensou.

Dimas e Márcia deram respostas não-científicas para a questão 18 e erraram a 19, confundindo variação de velocidade com variação de posição.

Durante todas as explanações e análises que desenvolvi até aqui, as questões 18 e 19 não foram utilizadas, pois acredito que elas não sejam determinantes para averiguar se a aprendizagem do conceito de aceleração foi significativa.

Na questão 18, por exemplo, quando Dimas, João e Márcia, relacionaram a palavra “acelerar” apenas com aumento de velocidade, é possível que o tenham feito pelo fato de a pergunta ter um caráter informal.

Pensando nisso, peço a liberdade para narrar uma experiência pessoal. Certa vez, durante uma viagem noturna de ônibus, acordei de sobressalto devido a sucessivos solavancos. A frenagem brusca fez com que minhas costas e cabeça se afastassem do encosto da poltrona e, como se não bastasse, uma mulher que estava ao meu lado gritou: Santa Maria! O susto foi grande, afinal, ainda sonolento, não sabia se as palavras daquela senhora eram uma simples evocação ou uma constatação.

Como todas as cortinas, tanto as laterais quanto as da frente, estavam fechadas, não pude ver o que ocorria. Rapidamente, comecei a pensar: o que está havendo? Será que saímos da pista e estamos caindo numa ribanceira? Mas, poucos segundos depois, o motorista retomou a aceleração e, estabilizada a velocidade, o ronco característico do motor indicava que a viagem voltava ao normal. Deviam ser apenas buracos na pista.

Acordado, graças à “injeção de adrenalina” que recebi, e como mestrando não pensa em outra coisa a não ser na dissertação, comecei a relacionar o ocorrido com aquilo que já havia estudado e constatado. Surpreendi-me usando os termos do cotidiano: frenagem (para diminuição) e aceleração (para aumento e estabilização da velocidade).

Tenho certeza de que minha aprendizagem do conceito científico de aceleração é significativa. Faz parte da minha profissão usar e ensinar esse conceito, mas recuso-me a descrever o pequeno incidente com um vocabulário estritamente científico. Imagine como seria por demais formal ou mesmo pedante uma narração mais ou menos assim: *durante uma viagem de ônibus, uma composição de movimentos horizontal e vertical fez-me acordar assustado. O motorista provocou uma aceleração, sendo que a variação de velocidade negativa do veículo não foi acompanhada imediatamente por meu corpo. Devido à inércia, minhas costas descolaram da poltrona. Em seguida, nova aceleração, agora provocando uma variação de velocidade positiva, trouxe-me tranquilidade.* Tal

descrição não é comum na linguagem do dia-a-dia. Acredito que poucos entenderiam tal narrativa.

Usar palavras do cotidiano para descrever um fato físico não significa falta de compreensão dos conceitos dessa ciência. O contexto determina qual o código mais adequado para o momento.

Por isso, não vejo como não-aprendizagem quando Dimas, João e Márcia deram respostas informais para a questão 18. Eles simplesmente seguiram o “clima” da questão – “*O que vem à sua cabeça quando ouve a palavra ‘acelerar’?*”. Foi por isso que não utilizei as respostas da questão 18 para computar o número de conceitos espontâneos apresentados pelos alunos. Essa pergunta serviu para dar indícios ou para confirmar as concepções apresentadas.

Na questão 19, houve um elevado índice de erro. Entre os que responderam ao Questionário II, 80% erraram essa questão e, dos seis alunos que não apresentaram conceitos espontâneos, 50% também a erraram. Assim, atribuo os erros ao fato de esse tipo de interpretação ter sido pouco explorada. Eles podem não estar preparados para respondê-la.

A Tabela 44, extraída das tabelas 6 e 39, evidencia as semelhanças entre esses seis alunos que não apresentaram conceitos espontâneos.

TABELA 44 - RELAÇÃO ENTRE PRAZER EM ESTUDAR FÍSICA E SUBSUNÇORES DOS ALUNOS QUE NÃO APRESENTARAM CONCEITOS ESPONTÂNEOS

Nome	Grau de prazer em estudar Física	Subsunçores (conceito de velocidade)	Se Física é uma das três matérias preferidas (++) intermediária (+); a menos preferida (-)	Se Matemática é uma das três matérias preferidas (++) intermediária (+); a menos preferida (-)	Se Química é uma das três matérias preferidas (++) intermediária (+); a menos preferida (-)
Adriana	5	S	+	++	++
Dimas	6	S	++	++	+
Fabício	5	S	+	++	++
João	5	S	++	++	++
Márcia	5	S	+	++	+
Wágner	5	S	++	++	++
Média	5,2				

Obs.: I – insuficiente; NR – não respondeu; OSC – oscilando entre espontâneo e científico; S – suficiente.

Esses dados sugerem que tais alunos apreciam ciências exatas. Nenhum deles colocou Física, Matemática ou Química como a menos preferida.

Observo que todos eles possuem um elevado grau de prazer em estudar Física, além de terem a Química como matéria preferida ou de interesse intermediário.

Além disso, todos apreciam bastante Matemática. De certa forma, isso vem ao encontro da postura do Professor, afinal ele prioriza o enfoque matemático em suas aulas e exercícios selecionados.

Outra característica compartilhada por todos é a disponibilidade do subsunçor necessário para aprender o conceito de aceleração – a velocidade.

Assim, ausubelianamente falando, existem condições para que a aprendizagem significativa ocorra, e as respostas que eles deram ao Questionário II indicam que ela ocorreu.

Como os questionários desses seis alunos não apresentaram conceitos espontâneos e como eles acertaram todas as questões de 13 a 17, não vejo necessidade de apresentar a análise de um deles como exemplo. Suas respostas foram coerentes com o paradigma newtoniano (científico).

7.2 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS DOS ALUNOS QUE APRESENTARAM UM CONCEITO ESPONTÂNEO

Pela Tabela 39, observa-se que cinco alunos apresentaram um (1) conceito espontâneo. A Tabela 45, abaixo, foi montada a partir das Tabelas 6 e 39.

TABELA 45 - RELAÇÃO ENTRE PRAZER EM ESTUDAR FÍSICA E SUBSUNÇORES PARA ALUNOS QUE APRESENTARAM 1 (UM) CONCEITO ESPONTÂNEO

Nome	Grau de prazer em estudar Física	Subsunçores- (conceito de velocidade)	Se Física é uma das três matérias preferidas (++) ; intermediária (+); a menos preferida (-)	Se Matemática é uma das três matérias preferidas (++) ; intermediária (+); a menos preferida (-)	Se Química é uma das três matérias preferidas (++) ; intermediária (+); a menos preferida (-)
Gabriel	6	S	++	++	++
Mário	5	S	++	+	+
Nayane	4	S	+	+	++
Taísa	5	S	++	++	+
Vicente	4	S	++	++	++
Média	4,8				

Obs.: I – insuficiente; NR – não respondeu; OSC – oscilando entre espontâneo e científico; S – suficiente.

A Tabela 45 sugere que esses alunos apreciam ciências exatas. Observo que todos eles possuem um grau de prazer em estudar Física de médio para elevado, além de terem a Matemática e a Química como matérias preferidas ou de interesse intermediário.

Outra característica compartilhada por todos é a disponibilidade do subsunçor necessário para aprender o conceito de aceleração – a velocidade.

Assim, ausubelianamente falando, existem condições para que a aprendizagem significativa ocorra, porém, mesmo assim, esses alunos não conseguiram aprender todas as implicações que envolvem o conceito de aceleração. Eles ainda convivem com algum tipo de conceito não-científico.

A Tabela 46 mostra os conceitos espontâneos por eles apresentados.

TABELA 46 - RESPOSTAS ESPONTÂNEAS DOS ALUNOS QUE APRESENTARAM UM CONCEITO ESPONTÂNEO

Nome	Percentual de acerto na questão 16	Questão	Conceito espontâneo apresentado
Gabriel	100	15) Todo carro que esteja em movimento tem aceleração?	<i>Sim, porque para se movimentar é necessário uma aceleração inicial e depois talvez outra aceleração no decorrer do trajeto.</i>
Mário	30	15) Todo carro que esteja em movimento tem aceleração?	<i>Sim, porque se ele está acelerando ele está andando, então é verdade.</i>
Nayane	100	14) Um objeto, partindo do repouso, está sujeito a uma aceleração ($0,000.000.001 \text{ m/s}^2$). É possível, devido a esta baixa aceleração, que ele atinja uma velocidade de 300 km/h?	<i>Sim. Ele pode variar a aceleração com o passar do tempo.</i>
Taísa	90	15) Todo carro que esteja em movimento tem aceleração?	<i>Sim, pois se um carro tem aceleração negativa e velocidade positiva, ele pára depois de um tempo, mas, se a aceleração e a velocidade forem positiva, ele vai ganhar mais velocidade.</i>
Vicente	90	13) Admita que uma Ferrari, partindo do repouso ($v_0 = 0$), atinge velocidade de 100 km/h em 4 segundos, enquanto um Gol-1000 gasta, a partir do repouso, 10 segundos para atingir a mesma velocidade de 100 km/h. Como os dois carros tiveram a mesma variação de velocidade (de 0 a 100 km/h), podemos afirmar que eles possuem a mesma aceleração ?	<i>Não, pois a aceleração é diferente de espaço percorrido, no caso acima eles percorrem o mesmo espaço, porém com tempos diferentes.</i>

Os alunos Gabriel, Mário e Taísa deram respostas que indicam, pelo menos a princípio, que para existir movimento é necessário haver aceleração. A resposta do Mário será discutida no item 7.2.2. Gabriel e Taísa, na questão 16, acertaram ao responderem que não há aceleração nos casos em que a velocidade era constante. Atribuo que, ao responderem à questão 15, esses dois alunos se esqueceram do movimento uniforme ou que, naquele instante, eles tenham usado de conceitos

cotidianos desenvolvidos na experiência com o pedal do acelerador de um carro. Acredito que o fato de a pergunta envolver um “carro” salienta a questão do pedal, porque no dia-a-dia, diz-se que se está acelerando quando ele é apertado. Ao darem essa resposta, esses dois alunos podem estar percebendo apenas os aspectos mais salientes do conceito de aceleração.

O Gabriel acertou todos os itens da questão 16, enquanto Taísa errou apenas o caso da pessoa caminhando no qual ela assinalou ser impossível determinar a presença da aceleração. Não acredito que sua resposta seja motivada pela baixa velocidade, pois todas as suas demais respostas indicam que ela compreende bem tanto o conceito de velocidade quanto o de aceleração. É possível que ela, no momento da aplicação do questionário, não tenha admitido que um ser humano possa ter aceleração. Mas insisto que essa minha colocação trata-se de uma suposição. As respostas não permitem conclusões a esse respeito.

Nayane e Vicente demonstraram conceito não-científico, respectivamente, nas questões 13 e 14, mas nas demais situações deram respostas científicas. Porém, acredito que essas concepções não estejam impedindo suas aprendizagens do conceito de aceleração.

Levando em consideração o momento em que foi aplicada esta pesquisa, ou seja, imediatamente após as instruções ministradas pelo Professor, vejo como normais algumas oscilações. Os alunos podem se encontrar numa etapa da aprendizagem em que seus conceitos científicos ainda não se encontram estruturados e, por isso, utilizaram os espontâneos.

Ao tomarem conhecimento do conceito científico, passarão a diferenciá-lo do conceito espontâneo tanto em relação ao que entendem por velocidade quanto em relação ao que entendem por aceleração. Com o passar do tempo, esses conhecimentos ganharão mais especificidades, à medida que os aprendizes relacionarem e observarem as diferenças e semelhanças que existem entre os conceitos científico e cotidiano de aceleração. Essa percepção de que a mesma palavra é usada de formas semelhantes, mas não iguais, e que existem diferenças entre “acelerar” o carro, apertando o pedal, e o termo “acelerar” segundo um contexto científico, são fundamentais para diminuir as confusões. Segundo MOREIRA (1983, p. 63), “em situações de aprendizagem, a dificuldade do aluno

pode estar na discriminabilidade ou na aparente contradição entre os novos conceitos e proposições e aqueles já estabelecidos na estrutura cognitiva”.

Assim, para esses alunos (exceto Mário), acredito que a aprendizagem do conceito de aceleração foi significativa, apesar de ainda existir convivência entre algum conceito espontâneo e científico. Os dados indicam que esses conceitos não-científicos não estão exercendo uma interferência expressiva em suas aprendizagens e, embora não estejam no mesmo nível do grupo de alunos do item anterior, parece que estão muito próximos deles. Excluindo o Mário, a média do grupo, na questão 16, seria de 95% de acerto.

7.2.1 O Caso do Mário

A concepção de aceleração do Mário é certamente diferente das concepções de Gabriel e Taísa. Quando ele respondeu, na questão 15, que movimento implica em aceleração, expressou aquilo que realmente pensa e sabe. Isso se confirma na questão 16. Em todos os casos em que a velocidade é constante, ele colocou que há aceleração. Porém, fica muito difícil identificar através dessa questão todos os aspectos que seu conceito particular de aceleração envolve. Nos outros itens, suas respostas foram aleatórias ou expressam uma grande oscilação em sua concepção de aceleração. Para os dois casos em que a velocidade aumentava, ele colocou que há e que não há aceleração respectivamente. O mesmo aconteceu para os casos em que a velocidade diminuía. Nas três situações em que não é possível determinar a presença de aceleração, ele colocou respectivamente, que não há, que há e que é impossível determiná-la. Por causa disso, seu percentual de acerto é o mais baixo de todos (30%). Mas, apesar disso, ele demonstrou compreender alguns aspectos do conceito.

Na questão 13 – Gol e Ferrari –, ele respondeu: “Não, porque se um gasta 4 s e o outro 10 s, não tem condição de ter a mesma aceleração.”

Sua resposta evidencia que ele entende que há uma relação entre aceleração e tempo.

Na questão 14, ele afirmou: “Sim, porque na fórmula se o tempo, por exemplo, e a velocidade inicial é alta, tem chance de alcançar essa velocidade”. A

resposta evidencia que ele compreende a equação que mede a grandeza aceleração e que consegue utilizá-la para raciocinar sobre uma pergunta que, a princípio, não exige sua aplicação direta.

Parece que, quando ele raciocina matematicamente através da equação, consegue interpretar aceleração sob o ponto de vista científico. Talvez o Mário esteja numa situação parecida com a que se encontrava Heisenberg em relação à Teoria da Relatividade de Einstein, conforme já narrei no item 1.5. Mário compreendeu o arcabouço matemático, mas ainda não conseguiu perceber todas as implicações que envolvem o conceito. Isso fica evidente pelo fato de ele responder corretamente a algumas questões e errar outras similares.

Na questão 17, aquela em que eu soltava os dois pedaços de giz, Mário acertou todos os itens, talvez pelo apelo concreto.

Na questão 18, ele apontou para um dos possíveis causadores desse seu problema de aprendizagem, ao afirmar que “acelerar” traz à sua cabeça algo como: “você aperta algo e fazer com que sai do lugar”. Parece que o contato de Mário com automóveis influencia na aprendizagem do conceito físico de aceleração.

Na questão 8, que perguntava sobre o significado de uma velocidade de 100 km/h, ele respondeu: “que ele anda 100 quilômetros em uma hora”. Porém, na questão 19, a qual perguntava o significado de uma aceleração de 2 m/s^2 , ele deu uma resposta similar à 8: “você andar 2 m em um segundo”. Mário interpreta aceleração e velocidade da mesma maneira: não percebe a diferença nas unidades ou na interpretação quantitativa dessas duas grandezas.

Nas demais perguntas do Questionário I, ele dá indícios de compreensão do conceito de velocidade. Na pergunta 9, (“Usando como referência a velocidade média dos carros que andam **pelas ruas de nossa cidade**, uma velocidade de 30 km/h (trinta quilômetros **por hora**) pode ser considerada alta ou baixa?”), o Mário respondeu “depende do lugar onde você estiver com o carro”. Concordo com ele, porém ficou difícil saber, através dessa resposta, se ele entendeu ou não o conceito.

A questão 10 trazia uma velocidade muito alta: “Usando como referência a velocidade média dos carros que andam **pelas ruas de nossa cidade**, uma velocidade de 30 km/s (trinta quilômetros **por segundo**) pode ser considerada alta

ou baixa? Por quê?”. Nesse caso, ele respondeu: “muito alto, pô cara nem avião anda nessa velocidade”. Sua maneira de se expressar me convenceu: Mário entende o significado de velocidade.

A pergunta seguinte era : “Usando como referência a velocidade média dos carros que andam **pelas ruas de nossa cidade**, uma velocidade de 30 m/s (trinta metros **por segundo**) pode ser considerada alta ou baixa?”. Nesse caso, ele também respondeu: “depende do lugar onde você estiver com o carro”. Acredito que ele também esteja tendo dificuldade em avaliar o que seja 30 m em 1 s. Esse problema já foi discutido anteriormente.

Por todos esses dados, acredito que o Mário compreendeu alguns aspectos do conceito de aceleração, porém numa intensidade menor que a de seus outros colegas do grupo que apresentaram apenas um conceito espontâneo.

7.2.2 O Caso do Vicente

No Questionário I, em que levantei o subsunçor velocidade, que ancora a aprendizagem do conceito físico de aceleração, Vicente demonstrou conhecer bem o conceito de velocidade. Suas respostas às questões de 7 a 10 foram corretas e devidamente justificadas. A única que ele errou foi a 11. Quando questionado se uma velocidade de 30 m/s era alta ou baixa em relação à velocidade dos carros que andam pelas ruas da cidade, ele respondeu assim: “Baixa, pois andando lentamente (30 m/s) se atingir 30 metros em 1 segundo é fácil.”

Observe que sua interpretação de velocidade (distância por tempo) foi correta. Porém, ao tentar transferir essa informação para o real, sua estimativa foi equivocada. É possível que ele não esteja conseguindo avaliar a rapidez referente a um deslocamento de 30 metros em 1 segundo. Provavelmente por isso, ele afirmou que essa velocidade é baixa. Uma possível explicação para esse erro específico cometido por Vicente e por tantos outros colegas seja a falta de exercícios que estimulem comparações entre os números que aparecem nos exercícios e as situações reais.

Mesmo assim acredito que, para Vicente, a aprendizagem do conceito de velocidade foi significativa e que ele dispõe desse subsunçor para ancorar sua aprendizagem do conceito de aceleração.

No Questionário II, questão 13 (Gol e Ferrari, mesma aceleração?), ele respondeu: “Não, pois a aceleração é diferente de espaço percorrido, no caso acima eles percorrem o mesmo espaço, porém com tempos diferentes.”

Na verdade, os carros não percorrem a mesma distância até atingirem a velocidade de 100 km/h. A Ferrari percorrerá uma distância bem menor. Mas, apesar da resposta errada, revelando assim uma concepção não-científica de que aceleração está vinculada ao espaço percorrido, seu desempenho nas demais perguntas foi satisfatório.

Na questão 14 (mesmo a aceleração sendo baixa, é possível atingir 300 km/h?), sua resposta dá indícios de que ele tem uma compreensão de aceleração como razão de $\Delta v/\Delta t$: “Sim, pois a velocidade está aumentando de pouco em pouco, ou seja, está com movimento acelerado.”

Esses indícios de compreensão vão se confirmando na sequência. Na questão seguinte, a de número 15 (todo carro que esteja em movimento tem aceleração?), ele afirma: “Não, pois ele pode estar com uma velocidade constante. Desta forma não há aceleração.”

Sua afirmação foi absolutamente correta e ele confirma essa posição na questão 16, demonstrando reconhecer aceleração tanto em casos de aumento quanto em casos de diminuição de velocidade, identificando sua ausência em situações em que a velocidade é constante e a impossibilidade de determiná-la em dois dos casos em que se forneceu apenas a velocidade em um certo instante.

Na questão 17, a da experiência dos dois pedaços de giz em queda livre, ele acertou todos os itens, indicando que consegue associar os conceitos de velocidade e aceleração numa situação prática.

Na questão 18, ele mostrou sua compreensão de aceleração como variação de velocidade. A palavra “acelerar” traz à sua cabeça “variar a velocidade”. Ele não explicitou o fator tempo.

Na questão 19, referente à interpretação do significado de uma aceleração de 2 m/s^2 , ele respondeu: “que a cada segundo que passa o movimento é de 2 metros. “

Essa resposta mostra que ele não consegue interpretar o significado quantitativo da grandeza aceleração, mas isso parece ser um problema da maioria dos alunos dessa turma, já discutido anteriormente.

7.3 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS DOS ALUNOS QUE APRESENTARAM DOIS CONCEITOS ESPONTÂNEOS

Sete alunos apresentaram 2 conceitos espontâneos. A partir das Tabelas 6 e 39, organizei a Tabela 47.

TABELA 47 - RELAÇÃO ENTRE PRAZER EM ESTUDAR FÍSICA E SUBSUNÇORES DOS ALUNOS QUE APRESENTARAM DOIS CONCEITOS ESPONTÂNEOS

Nome	Grau de prazer em estudar Física	Subsunçores (conceito de velocidade)	Se Física é uma das três matérias preferidas (++) intermediária (+); a menos preferida (-)	Se Matemática é uma das três matérias preferidas (++) intermediária (+); a menos preferida (-)	Se Química é uma das três matérias preferidas (++) intermediária (+); a menos preferida (-)
Kathy	4	S	+	-	++
Laura	4	OSC	+	-	++
Leilane	6	S	++	+	++
Luís	6	S	++	-	-
Marly	5	OSC	+	++	++
Melina	4	S	+	++	++
Robson	6	S	++	++	++
Média	5				

Obs.: I – insuficiente; NR – não respondeu; OSC – oscilando entre espontâneo e científico; S – suficiente.

A Tabela 47 sugere que esses alunos também têm alguma apreciação pelas ciências exatas e, quanto à Física, eles possuem um grau de prazer em estudá-la de médio para elevado.

Um detalhe diferente dos grupos anteriores começa a surgir neste, em que os alunos apresentaram dois conceitos espontâneos: a presença de alunos que não

demonstraram possuir os subsunçores adequados – conceito de velocidade. A Laura e a Marly oscilaram entre o científico e o espontâneo, ao responderem às questões sobre velocidade do Questionário I. Assim, ausubelianamente falando, essas alunas não apresentam plenas condições para aprender significativamente o conceito de aceleração. Porém, isso não significa que esses alunos não possam aprender alguns aspectos desse tema. A aprendizagem de conceitos não é caracterizada pelo “tudo ou nada”, “é ou não é”, “sabe ou não sabe”.

A Tabela 48 apresenta os dois conceitos espontâneos que esses sete alunos demonstraram.

TABELA 48 - RESPOSTAS ESPONTÂNEAS DOS ALUNOS QUE APRESENTARAM DOIS CONCEITOS ESPONTÂNEOS

Nome	Percentual de acerto na questão 16	1º Conceito espontâneo apresentado	2º Conceito espontâneo apresentado
Kathy	40	Na questão 14, ela respondeu: <i>Não. A aceleração é mínima, muito pequena.</i>	Na questão 16, ela assinalou a presença de aceleração em todos os casos em que a velocidade é constante.
Laura	30	Na questão 15, ela respondeu: <i>Sim, pois além da velocidade é preciso aceleração, mesmo que seja constante.</i>	Na questão 16, ele assinalou a presença de aceleração somente nos casos em que a velocidade aumentava.
Luís	50	Na questão 14, ele respondeu: <i>Sim, pois ao decorrer do tempo ele pode aumentar a sua aceleração. Dependendo se ele for um objeto que possa chegar a esse tipo de velocidade.</i>	Na questão 15, ela respondeu: <i>Sim, pois ele precisa de aceleração para andar.</i>
Leilane	80	Na questão 15, ela respondeu: <i>Sim, pois se ele está se movimentando, estando com aceleração pequena, ou não, ele tem aceleração.</i>	Na questão 17, ela apresentou o pensamento aristotélico de que o corpo mais pesado possui maior velocidade.
Marly	40	Na questão 15, ela respondeu: <i>Sim, pois sem aceleração ele não sai do lugar.</i>	Na questão 16, ela só assinalou a presença de aceleração em situações em que a velocidade aumentava.
Melina	80	Na questão 13, ela respondeu: <i>Não, o motorista da Ferrari começou com uma aceleração maior, mas depois foi a mesma que a do Gol.</i>	Na questão 15, ela respondeu: <i>Não. Ele acelera para dar o movimento e depois continua andando, mesmo que em movimentos mais lerdos, até parar.</i>
Robson	100	Na questão 15, ele respondeu: <i>Sim. Pois um carro sempre estará aumentando a aceleração ou não.</i>	Na questão 17, ele assinalou que corpos de massas diferentes, quando abandonados de uma mesma altura, atingem o solo com velocidades diferentes. A velocidade do corpo mais pesado é maior.

Pela Tabela 47, observa-se que Robson é um dos que possuem o subsunção velocidade para ancorar a aprendizagem de aceleração, mas isso não evitou a presença de dois conceitos espontâneos. Na questão 15, ele deu uma resposta não-científica, como indica a tabela anterior, afirmando que todo movimento tem aceleração. Apesar disso, na questão 16, ele assinalou que não há aceleração nos casos em que a velocidade é constante. É possível que ele tenha se esquecido do movimento uniforme ao responder a questão 15 ou ainda que,

naquele instante, ele tenha usado conceitos cotidianos desenvolvidos na experiência com o pedal do acelerador de um carro.

Na questão 17, ele revelou um pensamento aristotélico, afirmando que o corpo mais pesado cai com maior velocidade e, provavelmente por isso, que os dois corpos não caem com a mesma aceleração.

Ao que parece, esses dois conceitos espontâneos não atrapalharam sua compreensão do conceito de aceleração. Esse aluno não só respondeu corretamente a todos os itens da questão 16, como também deu respostas científicas para as questões 13 e 14. É possível que conceitos espontâneos diferentes interfiram de maneiras diferentes na aprendizagem. Além disso, em casos de alunos com mais de um conceito espontâneo sobre um determinado assunto, é possível que a correlação entre os conceitos seja também um fator importante na influência da aprendizagem.

Desses sete alunos, as respostas de Kathy e Melina merecem uma maior atenção e, por isso, serão discutidas num item em separado.

7.3.1 O Caso da Kathy e o Caso de Melina

As Tabelas 49 e 50 apresentam as respostas delas para as questões 13, 14, 15, 16 e 18. A comparação entre essas respostas trouxe dados interessantes.

**TABELA 49 -COMPARAÇÃO DAS RESPOSTAS DAS ALUNAS MELINA E KATHY À
QUESTÃO 16**

Respostas da questão 16	Resposta científica	Melina	Kathy
Aumento de velocidade			
Um carro aumenta sua velocidade de 40 km/h para 60 km/h.	S	S	S
Às 13h e 20 min a velocidade de um carro é de 30 km/h e, às 13h e 22min, a velocidade do mesmo carro é de 150 km/h.	S	S	S
Diminuição de velocidade			
Um carro a 60 km/h freia até parar.	S	N	S
Às 13h e 20min a velocidade de um carro é de 150 km/h e, às 13h e 22min, a velocidade do mesmo carro é de 30 km/h.	S	N	S
Velocidade constante			
Uma pessoa caminha com velocidade constante de 0,5 m/s.	N	N	S
Um Fórmula-1 mantém velocidade constante de 300 km/h.	N	N	S
Uma nave espacial mantém velocidade constante de 40.000 km/h.	N	N	S
Impossível determinar			
Às 13h e 20min a velocidade de um objeto é de 10 m/s	ID	ID	N
Às 13h e 20min a velocidade de um carro é de 10 km/h.	ID	ID	N
Às 13h e 20min a velocidade de um carro é de 150 km/h.	ID	ID	N
Médias (%)		80	40

TABELA 50 - RESPOSTAS DAS ALUNAS MELINA E KATHY ÀS QUESTÕES 13, 14, 15 E 18

Questão	Melina	Kathy
13) Admita que uma Ferrari, partindo do repouso ($v_0 = 0$), atinge velocidade de 100 km/h em 4 segundos, enquanto um Gol-1000 gasta, a partir do repouso, 10 segundos para atingir a mesma velocidade de 100 km/h. Como os dois carros tiveram a mesma variação de velocidade (de 0 a 100 km/h), podemos afirmar que eles possuem a mesma aceleração ?	Não, o motorista da Ferrari começou com uma aceleração maior, mas depois foi a mesma.	Não, por causa do tempo (4 s e 10 s)
14) Um objeto, partindo do repouso, está sujeito a uma aceleração ($0,000.000.001 \text{ m/s}^2$). É possível, devido a essa baixa aceleração, que ele atinja uma velocidade de 300 km/h?	Sim, se continuar acelerando certamente atingirá 300 km/h.	Não. A aceleração é mínima, muito pequena.
15) Todo carro que esteja em movimento tem aceleração?	Não. Ele acelera para dar o movimento e depois continua andando mesmo que em movimentos mais lerdos até parar.	Não, o movimento pode se dar pela velocidade.
18) O que vem à sua cabeça quando ouve a palavra "acelerar"?	Aumentar a velocidade e diminuir o tempo.	Um carro aumentando ou diminuindo sua velocidade.

A Melina deu respostas interessantes. Na questão 14, ela deu indícios de que compreende aceleração como $\Delta v / \Delta t$, respondendo que seria possível um carro atingir uma velocidade de 300 km/h mesmo com uma aceleração baixa. Na questão 13, ela colocou sua resposta de uma maneira que dá a idéia de que aceleração é igual à velocidade final. Isso me fez repensar sua resposta da 14. Talvez, ao afirmar que se o carro "continuar acelerando certamente atingirá 300 km/h", ela tenha pensado em aumentar a aceleração junto com a velocidade, porém não é possível ter certeza. Outra possibilidade é que ela conviva com mais de um conceito de aceleração. Na seqüência, mostrarei o porquê dessa afirmação.

Na questão 18, Melina respondeu que acelerar traz à sua cabeça idéias como "Aumentar a velocidade e diminuir o tempo". Com essa afirmação, ela confirma entender aceleração como razão ($\Delta v / \Delta t$), porém suas palavras deixam claro que essa variação implica apenas em aumento. Isso se confirma na questão 16. Ela

assinalou que havia aceleração para os itens em que a velocidade aumentava e, quando diminuía, não. Essa concepção também é confirmada na questão 15, na qual aparentemente está implícita a idéia de que, ao “tirar” a aceleração, o carro se desloca com velocidades mais “lentas” até parar.

De uma questão para outra, a Melina foi revelando seu padrão de pensamento. Ela entende aceleração como razão entre aumento de velocidade e o intervalo de tempo. Provavelmente este é o resultado da soma daquilo que ela sabia sobre o conceito de aceleração, desenvolvido em seu cotidiano, com o conceito científico de aceleração, ensinado pelo Professor.

Se o conceito científico de aceleração for dividido em três partes (aumento de velocidade, diminuição de velocidade e razão destas com o intervalo de tempo), pode-se dizer que Melina detém dois terços do conceito. Falta-lhe um terço: a diminuição de velocidade.

Como ela entende aceleração como aumento de velocidade, assinalou corretamente que não há aceleração nos casos em que a velocidade permanecia constante. Além disso, como ela também entende aceleração como razão entre aumento de velocidade e intervalo de tempo, assinalou corretamente os casos em que é impossível determinar a aceleração, pois eles trazem velocidades instantâneas, sem descrever o que ocorre com tais velocidades num intervalo de tempo.

Kathy, por sua vez, ao afirmar, na questão 15, que “o movimento pode se dar pela velocidade”, quis dizer que não há necessidade de aceleração para que um corpo se movimente. Porém, na questão 16, nos casos em que a velocidade era constante, ela marcou que há aceleração. Isso foi incoerente em relação às suas afirmações feitas nas questões 15 e 18. É possível que ela entenda que a aceleração está vinculada a variações de velocidade, assim como à manutenção da velocidade, provavelmente pela influência do pedal do acelerador dos veículos.

Na questão 18, ela afirmou que a palavra “acelerar” traz à sua cabeça “um carro aumentando ou diminuindo sua velocidade”. Essa colocação foi coerente com algumas de suas respostas à questão 16. Ela assinalou que há aceleração tanto nos casos de aumento quanto nos de diminuição de velocidade.

Na questão 14, Kathy não percebeu o fator intervalo de tempo presente no conceito de aceleração e, por isso, afirmou que com uma aceleração pequena não seria possível atingir uma velocidade grande. Parece que ela aprendeu duas partes do conceito de aceleração: aumento e diminuição de velocidade. Falta-lhe assimilar uma terça parte: o fator intervalo de tempo. Deve ser por isso que ela errou os casos em que era impossível determinar a aceleração. Ela não percebeu a questão do tempo. Provavelmente, ao se deparar com estes casos, por não observar variação nem manutenção da velocidade, ela entendeu que não existia aceleração.

Apesar de ambas deterem dois dos três componentes do conceito de aceleração, parece que Melina está mais próxima do científico.

Todos estes sete casos de alunos que apresentam dois conceitos intuitivos, levam-me a crer que não é apenas a quantidade de conceitos espontâneos que limitam a aprendizagem ou determinam o desempenho do aluno. Parece que a qualidade dos conceitos espontâneos existentes na estrutura cognitiva e a inter-relação entre eles são fatores que também apontam para o quão significativa é a aprendizagem de um conceito. Falaremos desse aspecto mais adiante.

7.4 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS DOS ALUNOS QUE APRESENTARAM TRÊS CONCEITOS ESPONTÂNEOS

Pela Tabela 51, montada a partir das Tabelas 6 e 39, observa-se que nove alunos apresentaram três conceitos espontâneos.

TABELA 51 - RELAÇÃO ENTRE PRAZER EM ESTUDAR FÍSICA E SUBSUNÇORES DOS ALUNOS QUE APRESENTARAM TRÊS CONCEITOS ESPONTÂNEOS

Nome	Grau de prazer em estudar Física	Subsunçores (conceito de velocidade)	Se Física é uma das três matérias preferidas (++) intermediária (+); a menos preferida (-)	Se Matemática é uma das três matérias preferidas (++) intermediária (+); a menos preferida (-)	Se Química é uma das três matérias preferidas (++) intermediária (+); a menos preferida (-)
Denise	5	OSC	++	-	+
Eliana	2	OSC	-	++	+
Geovana	2	I	+	-	+
Henrique	6	OSC	++	+	-
Kamila	6	OSC	++	++	+
Lais	4	I	+	++	++
Lauro	1	S	-	++	++
Mariza	5	I	+	+	+
Soraia	6	OSC	+	+	++
Média	4,1				

Obs.: I – insuficiente; OSC – oscilando entre espontâneo e científico; S – suficiente.

A Tabela 51 sugere que esses alunos também têm alguma apreciação pelas ciências exatas. Observo que eles possuem um grau de prazer em estudar Física de médio para elevado, exceto Lauro, Eliana e Geovana.

Salvo algumas exceções, Química e Matemática também são matérias apreciadas.

Dos nove alunos, apenas um demonstrou possuir o subsunçor “conceito de velocidade”. Oito têm esse subsunçor num estágio que oscila entre o científico e o cotidiano ou demonstra-se insuficiente. Assim, esses alunos não apresentaram plenas condições para aprender de forma significativa o conceito de aceleração. Porém, nota-se, pelo Questionário II, que aprenderam algumas coisas sobre esse tema.

A Tabela 52, a seguir, traz os conceitos espontâneos apresentados por esses alunos.

TABELA 52 - RESPOSTAS ESPONTÂNEAS DOS ALUNOS QUE APRESENTARAM TRÊS CONCEITOS ESPONTÂNEOS

Nome	Percentual de acerto na questão 16	1º conceito espontâneo	2º conceito espontâneo	3º conceito espontâneo
Kamila	80	Na questão 14, ela respondeu: <i>Sim, o valor da aceleração é pequeno, mas ele tem possibilidade de alcançar 300 km/h, se a aceleração for aumentando gradativamente.</i>	Na questão 16, ela assinalou a presença de aceleração em dois casos em que a velocidade é constante.	Na questão 17, ela apresentou o pensamento aristotélico de que o corpo mais pesado possui maior velocidade.
Denise	50	Na questão 13, ela respondeu: <i>Sim, porque eles atingiram a mesma velocidade. Só o tempo é que muda.</i>	Na questão 14, ela respondeu: <i>Não porque é uma aceleração muito baixa em m/s^2 para atingir 300 km/h.</i>	Na questão 15, ela respondeu: <i>Sim, porque para um certo carro sair de um ponto para outro ele precisa de aceleração para se mover.</i>
Eliana	40	Na questão 13, ela respondeu: <i>Não. Pois a Ferrari faz 100 km/h em apenas 4s, dando mais oportunidade para completar mais km em mais tempo.</i>	Na questão 15, ela respondeu: <i>Sim, pois sem aceleração ele não se move.</i>	Na questão 16, ela assinalou a presença de aceleração somente nos casos em que a velocidade aumentava.
Geovana	60	Na questão 14, ela respondeu: <i>Sim, pois a partir do momento que ele começa a andar, ele vai pegando impulso e cada vez mais aumenta a aceleração.</i>	Na questão 15, ela respondeu: <i>Sim, pois sem aceleração ele não poderia se movimentar. Pois mesmo que ele tenha velocidade, ele precisa de um impulso para chegar a uma velocidade e esse impulso seria a aceleração.</i>	Na questão 16, ela assinalou a presença de aceleração somente nos casos em que a velocidade aumentava.
Henrique	80	Na questão 14, ele respondeu: <i>Não, porque para atingir 300 km/h ele precisaria de muito mais aceleração.</i>	Na questão 15, ele respondeu: <i>Não. Ele pode estar em uma descida ou estar com velocidade constante, aí a aceleração é nula.</i>	Na questão 16, ele assinalou a presença de aceleração somente nos casos em que a velocidade aumentava.

continua

TABELA 52 - RESPOSTAS ESPONTÂNEAS DOS ALUNOS QUE APRESENTARAM TRÊS CONCEITOS ESPONTÂNEOS (Continuação)

Nome	Percentual de acerto na questão 16	1º conceito espontâneo	2º conceito espontâneo	3º conceito espontâneo
Lais	80	Na questão 14, ela respondeu: <i>Não. Porque a aceleração é muito baixa.</i>	Na questão 15, ele respondeu: <i>Sim. Porque dependendo do lugar exige uma aceleração. Ex.: semáforo.</i>	Na questão 16 ela assinalou a presença de aceleração somente nos casos em que a velocidade aumentava.
Lauro	40	Na questão 13, ele respondeu: <i>Sim, na minha opinião depende da potência do motor. Um Gol-1000 é carro de rua, não pode ter um motor como a Ferrari, potente.</i>	Na questão 14, ele respondeu: <i>Sim, porque todos os carros começam acelerar pouco e em seguida vai aumentando.</i>	Na questão 15 ele respondeu: <i>Não. O carro pode ter velocidade mas não aceleração. Ex.: Estou andando com o carro acelerado, de repente coloco em ponto morto, não acelero, mas ele pega uma certa velocidade.</i>
Mariza	50	Na questão 14, ela respondeu: <i>Não. Porque a velocidade é muito baixa.</i>	Na questão 15, ela respondeu: <i>Sim, porque está em movimento.</i>	Na questão 16, ela não marcou a presença aceleração quando a velocidade diminuía.
Soraia	40	Na questão 14, ela respondeu: <i>Não, a aceleração é muito baixa para chegar em 300 km/h.</i>	Na questão 15, ela respondeu: <i>Sim, pois tem que acelerar para continuar se movimentando.</i>	Na questão 16, ela assinalou a presença de aceleração em casos em que é impossível determiná-la.

7.4.1 Análise das Respostas da Kamila, Geovana e Denise

TABELA 53 -COMPARAÇÃO DAS RESPOSTAS DAS ALUNAS KAMILA, GEOVANA E DENISE ÀS QUESTÕES 13, 14, 15 E 18

	Kamila	Geovana	Denise
13) Admita que uma Ferrari, partindo do repouso ($v_0 = 0$), atinge velocidade de 100 km/h em 4 segundos, enquanto um Gol-1000 gasta, a partir do repouso, 10 segundos para atingir a mesma velocidade de 100 km/h. Como os dois carros tiveram a mesma variação de velocidade (de 0 a 100 km/h), podemos afirmar que eles possuem a mesma aceleração ?	<i>Não, porque a Ferrari levou somente 4 s, enquanto o Gol levou 10 s. A aceleração da Ferrari é maior.</i>	<i>Não, pois a aceleração da Ferrari é maior e mais potente, pois fez com que ela alcançou o lugar antes.</i>	<i>Sim, porque eles atingiram a mesma velocidade. Só o tempo é que é diferente.</i>
14) Um objeto, partindo do repouso, está sujeito a uma aceleração ($0,000.000.001 \text{ m/s}^2$). É possível, devido a essa baixa aceleração, que ele atinja uma velocidade de 300 km/h?	<i>Sim, o valor da aceleração é pequeno, mas ele tem a possibilidade de alcançar 300 km/h, se a aceleração for aumentando gradativamente.</i>	<i>Sim, pois a partir do momento que ele começa a andar ele vai pegando impulso e cada vez mais aumenta a aceleração.</i>	<i>Não, porque é uma aceleração muito baixa em m/s^2 para atingir 300 km/h.</i>
15) Todo carro que esteja em movimento tem aceleração?	<i>Não, porque para um carro se movimentar é só necessário a velocidade.</i>	<i>Sim, pois sem aceleração ele não poderia se movimentar. Pois mesmo que ele tenha velocidade ele precisa de um impulso para chegar à velocidade e esse impulso é a aceleração.</i>	<i>Sim, porque para um certo carro sair de um ponto para outro ele precisa de aceleração para se mover.</i>
18) O que vem à sua cabeça quando ouve a palavra “ acelerar ”?	<i>Aumentar a velocidade ou diminuir.</i>	<i>Acelerar é impulsionar um móvel parado, fazendo que ele chegue a uma velocidade</i>	<i>Acelerar é quando a velocidade varia de acordo com o tempo. Pode aumentar ou diminuir.</i>

TABELA 54 - COMPARAÇÃO DAS RESPOSTAS DAS ALUNAS KAMILA, GEOVANA E DENISE À QUESTÃO 16

Respostas da questão 16	Resposta científica	Kamila	Geovana	Denise
Aumento de velocidade				
Um carro aumenta sua velocidade de 40 km/h para 60 km/h.	S	S	S	ID
Às 13h e 20 min a velocidade de um carro é de 30 km/h e, às 13h e 22min, a velocidade do mesmo carro é de 150 km/h.	S	S	S	S
Diminuição de velocidade				
Um carro a 60 km/h freia até parar.	S	S	N	S
Às 13h e 20min a velocidade de um carro é de 150 km/h e, às 13h e 22 min, a velocidade do mesmo carro é de 30 km/h.	S	S	N	S
Velocidade constante				
Uma pessoa caminha com velocidade constante de 0,5 m/s.	N	N	N	ID
Um Fórmula-1 mantém velocidade constante de 300 km/h.	N	S	S	N
Uma nave espacial mantém velocidade constante de 40.000 km/h.	N	S	S	N
Impossível determinar				
Às 13h e 20min a velocidade de um objeto é de 10 m/s.	ID	ID	ID	S
Às 13h e 20min a velocidade de um carro é de 10 km/h.	ID	ID	ID	S
Às 13h e 20min a velocidade de um carro é de 150 km/h.	ID	ID	ID	S
Percentual de acerto		80	60	50

A Kamila, ao responder à questão 13, deu indícios de compreender aceleração como razão $\Delta v/\Delta t$, afirmando que a aceleração da Ferrari era maior devido ao fato de atingir os 100 km/h em menor tempo. Porém, na questão 14 ela começou a esboçar seus conceitos espontâneos. Em suas palavras, ela deu a idéia de que a aceleração deve aumentar com a velocidade para que um carro possa atingir 300 km/h.

Na questão 16, ela afirmou corretamente que há aceleração tanto nos casos de aumento quanto nos de diminuição da velocidade. Isso concorda com sua resposta à questão 18, na qual ela afirma que acelerar traz à sua cabeça “aumentar a velocidade ou diminuir”.

Ainda na questão 16, ela respondeu erroneamente que, no caso do Fórmula-1 e da nave espacial, ambos com velocidade constante, **havia aceleração**, mas para a pessoa caminhando vagarosamente (e aí Kamila acertou) **não havia aceleração**. Acredito que esse último acerto não tenha sido motivado por conhecimentos científicos, mas sim por conhecimentos espontâneos. Afinal, o que difere a velocidade constante numa ou noutra situação? Talvez uma possível explicação seja que ela não relaciona aceleração a velocidades baixas ou a pessoas.

Um outro detalhe a ser destacado é que houve incoerência entre suas respostas às questões 15 e 16. Na questão 15, ela disse que é possível um carro se movimentar sem aceleração. Considerando que a velocidade de um móvel só pode aumentar, diminuir ou permanecer constante, era de se esperar que em algum desses casos ela afirmasse que não havia aceleração. Porém, ela assinalou que há aceleração em todos esses casos, exceto para a pessoa caminhando.

Quanto às afirmações em que era impossível determinar se havia ou não aceleração, ela marcou corretamente todos os casos.

A manutenção de conceitos contraditórios relacionados a uma mesma grandeza física acarreta uma espécie de oscilação. Isso pode fazer com que o aluno use uma para responder à determinada pergunta e a outra para responder a uma segunda pergunta, muitas vezes parecida. (LABURU, 1987, p. 258)

Kamila oscilou bastante entre o científico e o espontâneo. No Questionário I, ela revelou que nem sempre compreende o significado de velocidade e suas

unidades. Na questão 8, relativa ao significado de uma velocidade de 100 km/h, sua resposta foi que era uma velocidade alta, “uma infração de trânsito”. Na sequência, vinha a seguinte pergunta: “Usando como referência a velocidade média dos carros que andam **pelas ruas de nossa cidade**, uma velocidade de 30 km/h (trinta quilômetros **por hora**) pode ser considerada alta ou baixa?”. A Kamila respondeu corretamente que era baixa, sem dar justificativa, podendo ter usado, ou não, seus esquemas científicos.

A questão 10 trazia uma velocidade muito alta. “Usando como referência a velocidade média dos carros que andam **pelas ruas de nossa cidade**, uma velocidade de 30 km/s (trinta quilômetros **por segundo**) pode ser considerada alta ou baixa? Por quê?”. Nesse caso, ela respondeu corretamente, além de justificar cientificamente.

Kamila: “Alta, porque se o carro corre 30 km por segundo, em 3 s ele vai chegar a 90 km.”

Sua resposta revelou uma compreensão do conceito de velocidade sob o aspecto científico. Porém, na questão 11 ela fez uma série de confusões. A pergunta era a seguinte: “Usando como referência a velocidade média dos carros que andam **pelas ruas de nossa cidade**, uma velocidade de 30 m/s (trinta metros **por segundo**) pode ser considerada alta ou baixa? Justifique sua resposta”.

Kamila: “Baixa, porque em 4 s, 432 km/h”.

Ela deve ter feito uma transformação de unidades correta: $30 \text{ m/s} = 108 \text{ km/h}$. Em relação à velocidade dos veículos de uma cidade, essa é uma velocidade alta, porém ela afirmou ser baixa. Além disso, pela sua resposta, Kamila tentou fazer uma estimativa, que não ficou clara devido à unidade de medida utilizada. Como sua resposta foi 432 km/h, fica uma dúvida: ou ela errou a unidade, ou cometeu um erro conceitual. Caso ela tenha tentado dizer que em 4 s (o correto seria em 4 h) o carro anda 432 km/h (o correto seria 432 km), seu erro foi nas unidades. Caso ela tenha tentado dizer que em 4 s o carro atingiu uma velocidade de 432 km/h, então seu erro é conceitual. Nesse caso, ela estaria confundindo velocidade com aceleração.

Pelas respostas dos dois questionários, é possível interpretar que a Kamila compreendeu algumas coisas, mas que ainda não é capaz de exercer um raciocínio estritamente científico em relação a esses dois conceitos. A questão 17 confirma isso, pois, mesmo observando o experimento, ela também utilizou de muitos conceitos espontâneos que se contrapunham ao que ela viu.

A Geovana afirmou corretamente que a aceleração da Ferrari é maior, demonstrando perceber que a diferença de tempo implica em acelerações diferentes. Porém, sua colocação “ela alcançou o lugar antes”, traz indícios de uma concepção espontânea. Isso indica que, para ela, aceleração está ligada à posição ou ao deslocamento do móvel. Em outras palavras, ela pode estar entendendo aceleração como $\Delta s/\Delta t$, ou seja, maior aceleração implica em ou chegar primeiro ou andar mais em menos tempo.

Na questão 14, sua resposta apontou para outra noção intuitiva: aceleração proporcional à velocidade ($a = f(v)$). Para Geovana, aumento de velocidade implica em aumento de aceleração. Além disso, tanto nessa questão quanto nas questões 15 e 18 ela relacionou aceleração à grandeza impulso. Para ela, acelerar é sinônimo de impulsionar.

Na questão 15, ela afirmou que, para existir movimento, é necessário aceleração. Isso se confirmou na questão 16, pois, mesmo em casos em que a velocidade era constante — nave espacial (40.000 km/h) e Fórmula-1 (300 km/h) —, ela afirmou que há aceleração. Provavelmente, ela imaginou a necessidade de um impulso para mantê-la e, conseqüentemente, uma aceleração. Porém, no caso da pessoa caminhando vagarosamente (0,5 m/s; constante), ela afirmou que não há aceleração. Talvez, acredito ser o mais provável, ela tenha uma concepção de que aceleração é vinculada a um agente que impulsiona (como, por exemplo, um motor) ou, acredito que menos provável, ela pense que não há aceleração quando a velocidade é baixa.

Na questão 16, outros conceitos não-científicos além dos já citados, ficaram evidenciados. Em situações em que a velocidade aumentava, ela afirmava que havia aceleração. Quando a velocidade diminuía, a resposta era não.

Nas três situações em que o texto fornece apenas a velocidade instantânea, a Geovana acertou, afirmando que é impossível determinar (ID) a aceleração.

Acredito que ela tenha acertado, com base no fato de que o texto forneceu apenas a velocidade num instante, sem afirmar se ela vai permanecer constante ou aumentar, casos em que para ela há aceleração, ou se a velocidade vai diminuir, caso em que para ela não há aceleração. Uma outra explicação é o fato de ela perceber o fator tempo vinculado ao conceito de aceleração. Na questão 13, ela esboçou essa percepção em sua resposta.

Na questão 19, que pede uma interpretação do significado de uma aceleração de 2 m/s^2 , ela respondeu: “Significa que para o corpo sair do seu repouso, ele utilizou uma aceleração de 2 m/s^2 ”. Essa resposta mostra não apenas que ela não consegue interpretar uma aceleração quando quantificada, mas é um reforço de sua concepção de aceleração como impulso e como aumento de velocidade.

No Questionário I, as respostas demonstraram que ela não possui subsunçores devidamente estruturados. Por isso, classifiquei-o como insuficiente.

Na questão 8, relativa ao significado de uma velocidade de 100 km/h , a resposta foi: “Significa que a velocidade média do carro é 100 km/h ”. Na sequência, vinha a seguinte pergunta: “Usando como referência a velocidade média dos carros que andam **pelas ruas de nossa cidade**, uma velocidade de 30 km/h (trinta quilômetros **por hora**) pode ser considerada alta ou baixa?”. Geovana respondeu corretamente que era baixa, sem dar justificativa, podendo ter usado, ou não, seus esquemas científicos.

A questão 10 trazia uma velocidade muito alta. “Usando como referência a velocidade média dos carros que andam **pelas ruas de nossa cidade**, uma velocidade de 30 km/s (trinta quilômetros **por segundo**) pode ser considerada alta ou baixa? Por quê?”. Nesse caso, ela respondeu, sem justificar, que tal velocidade era “Hiper baixa”.

Finalmente, na questão 11, a pergunta era a seguinte: “Usando como referência a velocidade média dos carros que andam **pelas ruas de nossa cidade**, uma velocidade de 30 m/s (trinta metros **por segundo**) pode ser considerada alta ou baixa? Justifique sua resposta”. Sem justificar, ela respondeu: “Hiper alta”.

Por esses dados, concluo que o conceito de velocidade, que é um subsunção do conceito de aceleração, não foi devidamente compreendido por Geovana. Ela não tem o conceito de velocidade estruturado de forma científica, sendo insuficiente para ancorar o conceito de aceleração. Mas, mesmo assim, ela demonstrou compreender alguns aspectos dessa grandeza física.

Quanto à Denise, o subsunção velocidade oscila entre o científico e o não-científico. Na questão 8, que perguntava o significado de uma velocidade de 100 km/h, sua resposta foi interessante: “ele andaria 1 km em 1h e 40min”. Ao que parece, ela raciocinou invertendo distância e tempo, ou seja, em vez de raciocinar que em 1 h o carro andaria 100 km, essa aluna pensou que, para andar 1 km, ele gastaria 100 em unidades de tempo. Porém, em vez de 100 h, Denise pensou em 100 minutos. Em seguida, ela transformou minutos em horas e deu 1h e 40 minutos. Isso pode indicar que os valores de velocidade com que tem contato na aula não possuem, para ela, significado científico.

Na sequência, vinha a seguinte pergunta: “Usando como referência a velocidade média dos carros que andam **pelas ruas de nossa cidade**, uma velocidade de 30 km/h (trinta quilômetros **por hora**) pode ser considerada alta ou baixa?”. Denise respondeu corretamente que era baixa, sem dar justificativa, podendo ter usado, ou não, algum esquema científico.

A questão 10 trazia uma velocidade muito alta. “Usando como referência a velocidade média dos carros que andam **pelas ruas de nossa cidade**, uma velocidade de 30 km/s (trinta quilômetros **por segundo**) pode ser considerada alta ou baixa? Por quê?”. Nesse caso, ela respondeu corretamente, justificando de forma científica: “muito alta, porque o carro iria andar 30 km em 1 s”. Exceto pela unidade, a questão 10 é idêntica à 8. Por que a Denise usa esquemas tão diferentes?

O mais surpreendente é que, na questão 11, ela voltou ao esquema anterior. A pergunta era a seguinte: “Usando como referência a velocidade média dos carros que andam **pelas ruas de nossa cidade**, uma velocidade de 30 m/s (trinta metros **por segundo**) pode ser considerada alta ou baixa?”. Sua resposta foi a seguinte: “baixa, ele andaria cada metro em 30 s”.

Denise, quanto ao subsumor velocidade, oscila entre o científico e o espontâneo.

Na questão 13, ela foi uma das duas pessoas que interpretaram aceleração como variação de velocidade, sem relacioná-la com o tempo. Porém, na questão 18 sua resposta foi que acelerar lembra "... quando a velocidade varia de acordo com o tempo, pode aumentar ou diminuir". É muito interessante observar as oscilações dessa aluna. Na questão 13, em que o tempo estava explícito no texto, ela não o relacionou ao conceito de aceleração. Na 18, cujo teor do texto era mais informal, ela não só espontaneamente explicitou o tempo, como também relacionou aceleração a aumento e diminuição de velocidade.

Chamo a atenção para o fato de ela ter relacionado aceleração com o tempo na questão 18, pois isso revela uma nova oscilação, haja vista que ela não o fez em outras situações, mesmo quando estimulada. Na questão 16, nos casos em que é impossível determinar a aceleração, pois o tempo não é explícito, a Denise não percebeu esse detalhe e afirmou que há aceleração. Na questão 14, ela afirmou que, pelo fato de a aceleração ser baixa, não seria possível que o móvel atingisse uma velocidade de 300 km/h. Novamente, ela não relacionou aceleração com o tempo.

Relembrando sua resposta à questão 18, ela afirmou que aceleração lembra aumento e diminuição de velocidade. É interessante observar que, um pouco antes de dar essa resposta científica, na questão 16 ela respondeu, no primeiro item, que é impossível determinar a presença de aceleração num caso em que a velocidade aumentava. No terceiro item, caso em que a velocidade diminuía, ela acertou e apontou a presença de aceleração. Nos demais itens de aumento e diminuição, ela acertou.

Na questão 15, ela afirmou que para um carro ter movimento tem de existir aceleração. No entanto, na questão 16, nos casos em que a velocidade é constante, ela afirmou que não há aceleração.

Na questão 17, aquela em que fiz a experiência com os pedaços de giz, ela acertou todos os itens.

Duas interpretações podem ser dadas a um caso tão interessante como esse: ou Denise simplesmente oscila entre o científico e o não-científico ou, devido

às suas reflexões sucessivas sobre o assunto, ela passou a utilizar esquemas científicos. Essa é uma possibilidade, pois ela não utilizou esquemas científicos nas questões 13, 14, 15 e na primeira parte da 16. Na segunda parte da questão 16, na 17 e na 18 ela usou esquemas científicos.

Como minha pesquisa não está voltada para esse aspecto, fica essa hipótese em aberto. Talvez algum pesquisador se interesse em avaliar as provocações que esse questionário traz e se elas levam os alunos a refletirem sobre o conceito de aceleração, bem como se essa reflexão colabora com a aquisição do conceito científico de aceleração.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, resumo os resultados obtidos em meu trabalho e, ao mesmo tempo, exponho algumas posições próprias, que podem ser entendidas como uma tentativa de contribuição ao ensino da Física. Além disso, com base em perguntas que me surgiram ao longo da análise dos dados, as quais meu instrumento não estava preparado para respondê-las, farei algumas sugestões de outras possíveis pesquisas a serem feitas.

Meu objetivo era, em primeiro lugar, responder à seguinte pergunta: é significativa a aprendizagem escolar do conceito físico de aceleração no primeiro ano do ensino médio? Em segundo lugar, tive a intenção de construir um instrumento que possa ser usado por professores, durante o exercício de sua prática docente, para que ele tenha noções sobre o que seus alunos entendem a respeito do tema aceleração.

Os dados para minhas conclusões foram obtidos a partir dos questionários I e II e das observações das aulas que trataram do conceito de aceleração. Todas as conclusões referem-se a um momento específico, ou seja, imediatamente após a instrução escolar.

Acredito que essas respostas, que os alunos registraram nos questionários, sejam fruto de uma aprendizagem que “ficou” nos alunos, disponível para ser aplicada em situações que se relacionam com tais conhecimentos. A aprendizagem que eles demonstraram não deve ser fruto de uma aprendizagem mecânica. No ambiente escolar, a aprendizagem do tipo mecânica, decorativa, literal e sem correlações ocorre normalmente às vésperas de provas, numa tentativa do educando em ser bem-sucedido nas avaliações. Antes de terem contato com o instrumento de pesquisa que utilizei, os alunos não sabiam que conteúdos seriam abordados e, por isso, não acredito que tenham se preparado para respondê-los. Além disso, as perguntas que fiz eram totalmente diferentes das questões utilizadas pelo Professor, não exigindo aplicação de fórmulas.

A pesquisa evidenciou que a aprendizagem não se mostrou do tipo “é ou não é”, “sabe ou não sabe”. Por isso, a resposta à minha pergunta de pesquisa não será que a aprendizagem do conceito de aceleração foi ou não significativa. A partir

da análise dos dados foi possível verificar “quão significativa é a aprendizagem escolar do conceito físico de aceleração no primeiro ano do ensino médio”.

A Tabela 39 revela como é particular a aprendizagem de um conceito. Entre todos os alunos, apenas duas duplas apresentaram respostas exatamente iguais para todos os onze itens que compõem essa tabela. Mesmo assim, é possível agrupar esses alunos de algumas maneiras diferentes, estabelecendo determinados padrões de comparação, os quais descreverei nos itens a seguir. Entre os possíveis padrões, a quantidade de conceitos espontâneos mostrou-se a mais adequada para agrupar pessoas com aprendizagens parecidas, apesar de algumas discrepâncias. Seguindo esse critério, foi possível dividir os alunos em quatro níveis ou graus de aprendizagem, do mais para o menos significativo, de acordo com a quantidade de conceitos espontâneos apresentados. Uma discussão mais profunda sobre essa conclusão foi desenvolvida em todo o capítulo 7.

Como a Teoria de Ausubel parte do princípio de que basicamente três fatores determinam a aprendizagem significativa, farei minhas considerações finais através da análise destes três itens: a predisposição em aprender significativamente, o material de aprendizagem e aquilo que o aluno já sabe.

8.1 A RESPOSTA AUSUBELIANA

8.1.1 A Predisposição em Aprender Significativamente

Por ser muito difícil saber efetivamente qual é a predisposição de um aluno em aprender significativamente, parto do princípio de que ela tenha relação com o grau de prazer em relação ao estudo da Física. A Tabela 55, a seguir, apresenta a Tabela 41 reordenada segundo esse grau de prazer.

TABELA 55 - TABELA 41, REORDENADA PELO GRAU DE PRAZER EM ESTUDAR FÍSICA

Nome	Grau de prazer em estudar Física	Subsunçores (conceito de velocidade)	Número de conceitos espontâneos apresentados	% de acerto na questão 16
Dimas	6	S	0	100
Robson	6	S	2	100
Leilane	6	S	2	80
Kamila	6	OSC	3	80
Henrique	6	OSC	3	80
Luís	6	S	2	50
Soraia	6	OSC	3	40
Gabriel	6	S	1	100
Média			2	78,7
Adriana	5	S	0	100
Fabício	5	S	0	100
João	5	S	0	100
Márcia	5	S	0	100
Wágner	5	S	0	100
Taísa	5	S	1	90
Denise	5	OSC	3	50
Mariza	5	I	3	50
Marly	5	OSC	2	40
Mário	5	S	1	30
Média			1	76
Nayane	4	S	1	100
Vicente	4	S	1	90
Melina	4	S	2	80
Laís	4	I	3	80
Kathy	4	S	2	40
Laura	4	OSC	2	30
Média			1,8	70
Geovana	2	I	3	60
Eliana	2	OSC	3	40
Média			3	50
Lauro	1	S	3	40

Obs.: I – insuficiente; NR – não respondeu; OSC – oscilando entre espontâneo e científico; S – suficiente. Os alunos poderiam atribuir valores de 1 a 7 para o grau de prazer, sendo 1 o prazer mínimo e 7 o prazer máximo.

De modo geral, a Tabela 55 revela que a maioria dos alunos, 88,8%, possui um grau de prazer de médio para elevado (4, 5 ou 6). É possível observar que à medida que o grau vai diminuindo, a média na questão 16 também diminui, porém de forma discreta. Nesses três grupos de alunos, encontram-se notas altas e baixas

na questão 16, quantidades variadas de conceitos espontâneos e alunos com o subsunçor velocidade em condições também variadas.

Ao que parece, independentemente dos desempenhos, a maioria dos alunos da Turma “X” aprecia Física. Provavelmente, uma das explicações para isso seja a boa relação afetiva com o Professor, influenciando positivamente na relação com a disciplina.

Três alunos (11,1%) apresentaram grau de prazer baixo. Em média, eles possuem mais conceitos espontâneos e menores percentuais de acerto na questão 16. Porém, o subsunçor velocidade de cada um deles está em condições diferentes.

Observando todos os que atribuíram um mesmo valor para o prazer em estudar Física, há alunos com os subsunçores nas mais variadas condições, variadas quantidades de conceitos espontâneos e também variados percentuais de acerto na questão 16.

Pela Tabela 42, na qual está registrada a Correlação de Pearson, observo que a relação entre o grau de prazer e as demais variáveis (número de conceitos espontâneos, percentual de acerto na questão 16 e subsunçor velocidade) demonstrou-se fraca ou no limite de fraca para média. As correlações mais intensas são as que envolvem o número de conceitos espontâneos.

Assim, concluo que, embora o grau de prazer exerça influência na aprendizagem, esse não é o critério que melhor agrupa alunos com características semelhantes em suas aprendizagens.

8.1.2 O Material de Aprendizagem

No item 4.1, p.57, referi-me ao material de aprendizagem como potencialmente significativo.

Em relação à minha pesquisa, considereirei como materiais de aprendizagem tanto a fala do Professor quanto os resumos ditados ou passados na lousa, a lista de exercícios e as aulas de laboratório.

O Professor trabalhou sempre de uma mesma forma, valorizando um enfoque mais matemático, quer em suas explicações, quer nos exercícios

selecionados. Mesmo nas aulas de laboratório, o objetivo das atividades era o de fazer medidas para serem colocadas nas fórmulas e calcular valores.

Essa maneira de ensinar um conceito, explicando-o através da equação e aplicando-a exaustivamente em testes estritamente numéricos, seguindo sempre um algoritmo padrão, chamarei de material de ensino tradicional. Ele se constitui num material mais potencialmente significativo para uma parte da turma. Mostrarei mais adiante o percentual de alunos que aprenderam da maneira mais significativa, assim como o percentual dos que aprenderam de maneira menos significativa através do método tradicional, usado pelo Professor. Eis aqui outro possível tema de pesquisa: qual é a condição inicial do aluno para que ele aprenda significativamente através de materiais tradicionais de Física?

Esses materiais de aprendizagem foram suficientes para que alguns alunos aprendessem o significado de aceleração, porém mostraram-se insuficientes ou inadequados para a maioria dos alunos quanto à interpretação quantitativa do conceito. Na questão 19, que trazia um valor numérico seguido de sua unidade de medida, apenas 10% dos alunos deram respostas absolutamente corretas. No item 6.7, discuti esse tema.

A maior parcela dos materiais de aprendizagem desses alunos foram as aulas expositivas. Segundo a Teoria de Ausubel, a exposição verbal pode ser uma maneira eficiente e segura de aprender corpos organizados de conhecimentos. Porém, para isso é necessário que os alunos tenham a estrutura cognitiva apropriada para ancorarem tais materiais de aprendizagem.

8.1.3 O que o Aluno já Sabia: o Subsunçor Velocidade

Quando iniciei essa pesquisa, eu estimava que o subsunçor que mais exerceria influência na aprendizagem do conceito de aceleração seria o conceito de velocidade.

Observando mais atentamente a Tabela 41, foi possível constatar que, em geral, as maiores notas são as daqueles que possuem o subsunçor velocidade estruturado. É o caso de todos os que acertaram 90% e 100% da questão 16. Porém, houve alunos que possuíam o subsunçor velocidade estruturado e, mesmo

assim, tiveram percentual de acerto baixo na questão 16, enquanto outros, que tinham subsunção insuficiente ou oscilante, tiveram percentuais razoáveis de no máximo 80%.

Para compreender melhor esses dados, construí a Tabela 56, a qual nada mais é que a Tabela 41 ordenada pelo subsunção velocidade.

TABELA 56 – TABELA 41, REORDENADA PELO SUBSUNÇÃO VELOCIDADE

Nome	Grau de prazer em estudar Física	Subsunções (conceito de velocidade)	Número de conceitos espontâneos apresentados	% de acerto na questão 16
Adriana	5	S	0	100
Dimas	6	S	0	100
Fabício	5	S	0	100
João	5	S	0	100
Márcia	5	S	0	100
Wagner	5	S	0	100
Gabriel	6	S	1	100
Nayane	4	S	1	100
Robson	6	S	2	100
Taís	5	S	1	90
Vicente	4	S	1	90
Leilane	6	S	2	80
Melina	4	S	2	80
Luís	6	S	2	50
Kathy	4	S	2	40
Lauro	1	S	3	40
Mário	5	S	1	30
Média	4,82		1,05	82,3
Kamila	6	OSC	3	80
Henrique	6	OSC	3	80
Denise	5	OSC	3	50
Marly	5	OSC	2	40
Eliana	2	OSC	3	40
Soraia	6	OSC	3	40
Laura	4	OSC	2	30
Média	4,86		2,7	51,4
Laís	4	I	3	80
Geovana	2	I	3	60
Mariza	5	I	3	50
Média	3,7		3	63,3

Obs.: I – insuficiente; NR – não respondeu; OSC – oscilando entre espontâneo e científico; S – suficiente.

A Tabela 56 indica que, quando o subsunção velocidade é suficiente para ancorar a aprendizagem do conceito de aceleração, o aluno possui, em média,

menos conceitos espontâneos. Além disso, seu desempenho na questão 16 é melhor. Porém, quando esse subsunçor oscila ou é insuficiente, a quantidade de conceitos espontâneos é maior e as médias na questão 16 são bem mais baixas que a daqueles em que tal subsunçor é suficiente.

A princípio, classificar a aprendizagem dos alunos por esse critério pareceu interessante, porém mais uma vez o número de conceitos espontâneos, me saltou aos olhos. Todos os alunos que não apresentavam conceitos espontâneos ou que apresentavam apenas um, tinham o conceito de velocidade estruturado de forma suficiente; todos os alunos cujo subsunçor velocidade era insuficiente tinham quantidade máxima de conceitos espontâneos; e todos os alunos cujo subsunçor velocidade oscilava tinham 2 ou 3 conceitos espontâneos.

8.1.4 Os Quatro Níveis de Aprendizagem do Conceito Físico de Aceleração

A Tabela 42 é a das Correlações de Pearson para as variáveis “grau de prazer”, “subsunçor velocidade”, “percentual de acerto na questão 16” e “número de conceitos espontâneos”. As correlações que se mostraram mais intensas foram as que relacionavam o número de “conceitos espontâneos” com o “subsunçor velocidade” e com o “percentual de acerto na questão 16”. Além disso, a observação das tabelas até aqui construídas me levou à conclusão de que o número de conceitos espontâneos parece ser, entre os possíveis critérios, o que melhor agrupa alunos com aprendizagens mais parecidas, apesar de algumas discrepâncias.

A Tabela 57, a seguir, mostra que, de uma maneira geral, há uma tendência, de que com o aumento do número de conceitos espontâneos haja uma diminuição no prazer em estudar Física. A Correlação de Pearson confirma essa conclusão.

TABELA 57 - RELAÇÃO ENTRE CONCEITOS ESPONTÂNEOS E PRAZER EM ESTUDAR FÍSICA

Número de conceitos espontâneos	Total alunos	Número de alunos com grau de prazer 6	Número de alunos com grau de prazer 5	Número de alunos com grau de prazer 4	Número de alunos com grau de prazer 2	Número de alunos com grau de prazer 1	Grau de prazer médio
0	6	1	5	-	-	-	5,2
1	5	1	2	2	-	-	4,8
2	7	3	1	3	-	-	5
3	9	3	2	1	2	1	4,1

A Tabela 58, a seguir, resume a relação entre o número de conceitos espontâneos e o subsunçor velocidade.

TABELA 58 - RELAÇÃO ENTRE CONCEITOS ESPONTÂNEOS, SUBSUNÇOR VELOCIDADE E DESEMPENHO NA QUESTÃO 16

Número de conceitos espontâneos	Número de alunos	Número de alunos com subsunçor suficiente	Número de alunos com subsunçor oscilando	Número de alunos com subsunçor insuficiente	Menor nota desta categoria na questão 16	Maior nota desta categoria na questão 16	% média na questão 16
0	6	6	-	-	100	100	100
1	5	5	-	-	30	100	82
2	7	5	2	0	30	100	60
3	9	1	5	3	40	80	57,7

Pela Tabela 58, observa-se que, à medida que o número de conceitos não-científicos vai aumentando, menos estruturado está o subsunçor velocidade, ou seja, mais alunos oscilam entre o científico e o espontâneo ou mesmo apresentam subsunçores insuficientes.

Um detalhe que julguei importante foi que a média, na questão 16, dos alunos que demonstraram ter o subsunçor velocidade insuficiente para ancorar o conceito de aceleração é maior que a daqueles que oscilavam, apresentando respostas ora científicas, ora não-científicas. A Tabela 56 apresenta esses dados. Essa é uma razão que me faz acreditar que outros subsunçores podem estar interferindo na aprendizagem do conceito físico de aceleração. Esses outros subsunçores podem ser, por exemplo, os conceitos de taxa de variação (razão), o conceito cotidiano de velocidade e o conceito cotidiano de aceleração. Isso pode

significar que os conceitos adquiridos nas relações do dia-a-dia nem sempre atrapalham a aprendizagem de conceitos científicos. Quer seja atrapalhando, quer seja ajudando, uma coisa é certa: os conceitos adquiridos no cotidiano também são subsunçores.

8.2 OS CONCEITOS ESPONTÂNEOS TAMBÉM SÃO SUBSUNÇORES

Com as análises desenvolvidas nos capítulos 6 e 7, pude identificar que o desempenho dos alunos no Questionário II e suas respectivas aprendizagens dependiam de vários fatores. Alguns desses fatores foram discutidos no item 8.1, porém outros dois foram detectados: a quantidade e tipos de conceitos espontâneos apresentados, bem como os aspectos do conceito científico de aceleração que os alunos entenderam durante a instrução escolar.

8.2.1 A Influência do Número e do Tipo de Conceitos Espontâneos Apresentados

Com base nas tabelas 39 e 41, é possível construir a Tabela 59, que evidencia a relação entre a quantidade de conceitos espontâneos e o desempenho na questão 16.

TABELA 59 - RELAÇÃO ENTRE NÚMERO DE CONCEITOS ESPONTÂNEOS E DESEMPENHO NA QUESTÃO 16

Número de conceitos espontâneos	Percentual de alunos	Menor % de acerto desta categoria na questão 16	Maior % de acerto desta categoria na questão 16	% média de acertos na questão 16
0	22,2	100	100	100
1	18,5	30	100	82
2	25,9	30	100	60
3	33,3	40	80	57,7

Tudo o que um aluno sabe sobre determinado tema, independentemente do local em que aprendeu, é um subsunçor que irá formar sua estrutura cognitiva. Essa estrutura dará suporte à aprendizagem de temas a ela relacionados.

A Tabela 58 sugere, a princípio, que, quanto mais conceitos espontâneos relacionados à aceleração o aluno tiver, menos preparada estará a estrutura

cognitiva para ancorar esse conceito sob o aspecto científico. Assim, é de se admitir que eles interferem negativamente na aprendizagem *significativa*. Porém, no item 8.1.4, no último parágrafo, ressaltei a possibilidade de esses conceitos contribuírem para a aprendizagem. É possível que eles ora ajudem, ora atrapalhem, em função dos elementos que compõem a estrutura cognitiva do aluno e em função do tipo de instrução escolar utilizada pelo Professor.

Pelas Tabelas 41 e 59, é possível observar que, à medida que o número de conceitos espontâneos aumenta, a média de acertos na questão 16 diminui. Porém, em cada grupo, há tanto notas elevadas quanto baixas, com exceção daqueles que não apresentaram conceitos espontâneos. Muitas podem ser as explicações. Creio que uma delas é que o tipo de conceito espontâneo apresentado, bem como sua relação com os demais elementos da estrutura cognitiva do aluno, pode ter maior ou menor influência na aprendizagem *significativa*. Cito como exemplo os alunos Robson e Mário. O primeiro aluno apresentou dois conceitos espontâneos e, ao que parece, eles não atrapalharam sua compreensão de variados aspectos do conceito de aceleração. Ele não só respondeu corretamente todos os itens da questão 16, como também deu respostas científicas para as questões 13 e 14.

O Mário apresentou apenas um conceito espontâneo e também deu respostas científicas para as questões 13 e 14, porém teve um percentual de acertos de apenas 30% na questão 16. O mais intrigante não é o fato de ele ter menos conceitos espontâneos e, no entanto, errar mais que Robson, mas sim que os dois apresentaram o mesmo conceito espontâneo. Na questão 15, que perguntava se todo carro em movimento tem aceleração, eles responderam:

Mário: “Sim, porque se ele está acelerando ele está andando, então é verdade.”

Robson: “Sim. Pois um carro sempre estará aumentando a aceleração ou não.”

As respostas deles foram praticamente as mesmas.

Na questão 17, aquela em que eu soltava os dois pedaços de giz, Robson apresentou um pensamento aristotélico ao afirmar que velocidade do mais pesado é maior e que, por isso, suas acelerações eram diferentes. Esse foi seu segundo conceito espontâneo.

Refletindo sobre o caso desses dois alunos, fica a pergunta: o que determinará tamanha diferença entre seus desempenhos na questão 16?

Uma das explicações refere-se à possibilidade de o tipo de conceito espontâneo apresentado e sua relação com os demais elementos da estrutura cognitiva ter maior ou menor influência na aprendizagem significativa. Embora as respostas do Robson e do Mário sejam as mesmas, outros subsunçores que Robson deve possuir permitem a ele uma melhor compreensão do assunto. Mas que subsunçores são esses?

Infelizmente, não tenho como responder a essa pergunta, pois não disponho dos dados necessários. Como não era esse o objetivo de minha pesquisa, e como meu instrumento não estava preparado para buscar respostas a essa questão, não foi possível detectar tal aspecto. Eis aqui outra sugestão de pesquisa: a avaliação de quais conceitos espontâneos, e qual inter-relação entre eles e os demais subsunçores, mais influenciam na aprendizagem do conceito físico de aceleração.

Outra possibilidade a ser considerada é que Robson tenha se esquecido do movimento uniforme ao responder à questão 15, ("Todo carro que esteja em movimento tem aceleração?"), detendo-se apenas em aspectos mais salientes do conceito de aceleração, pois na 16, ao contrário de Mário, ele acertou os casos de velocidade constante, assinalando que não há aceleração. Além disso, não posso deixar de considerar que, pelo fato de a questão 15 utilizar um carro como exemplo, o pedal do acelerador tenha se tornado uma informação mais saliente no momento em que ele refletiu sobre a pergunta. No cotidiano, apertar esse dispositivo remete à idéia de estar "acelerando", independentemente de a velocidade ser ou não constante. Imagino que seja esse o motivo pelo qual, na questão 18 ("o que vem à sua cabeça quando ouve a palavra 'acelerar'"), Mário respondeu: "você apertar algo e fazer com que saia do lugar."

Por essas e outras respostas já discutidas nos capítulos 6 e 7, observo que as experiências com carros exercem grande influência na aprendizagem do conceito de aceleração, construindo subsunçores que devem ser levados em consideração pelos professores no momento da instrução escolar.

Durante a aula sobre aceleração, o Professor usou o carro como exemplo e ressaltou que havia aceleração tanto quando a velocidade aumenta quanto em

casos em que ela diminui, afirmando inclusive que também há aceleração quando se aperta o freio. Essa colocação foi bastante adequada e sua compreensão é importante para a aquisição do conceito científico. Porém, sempre relacionou o pedal do acelerador e seu acionamento com situações de aumento da velocidade. Isso pode servir de reforço para concepções que vinculam aceleração com aumento de velocidade.

Exemplos envolvendo carros e em especial o pedal do acelerador devem ser tratados com muito cuidado, destacando-se a diferença entre a concepção cotidiana e a científica. Num caso em que um carro mantém a velocidade constante, o motorista geralmente mantém o pedal do acelerador acionado e, por isso, no cotidiano diremos que ele está acelerando, mas não no âmbito científico. Para a Física, “aceleração” está relacionada às variações de velocidade durante um certo intervalo de tempo.

8.2.2 A Influência dos Aspectos do Conceito Científico de Aceleração que Foram Aprendidos

No momento em que o questionário foi respondido, as estruturas cognitivas eram formadas pelo resultado das transformações que a instrução escolar provocou naquilo que eles sabiam antes de terem estudado esse tema com o Professor. É possível que, para alguns dos alunos, o conceito científico ainda estivesse sendo construído. Talvez por isso, em cada questão, de acordo com o aspecto do conceito físico de aceleração que era abordado, as categorias que surgiram iam do científico para o espontâneo, havendo normalmente uma categoria intermediária entre elas. Isso significa que, para cada aspecto do conceito de aceleração, alguns alunos captaram a concepção científica, outros captaram partes do científico e outros continuavam a operar com o cotidiano.

Chamo de partes ou aspectos do conceito de aceleração os seguintes itens: a variação de velocidade (aumento ou diminuição) e a relação da velocidade com o fator tempo.

A análise dos capítulos 6 e 7 revela que a aprendizagem que “ficou” nos alunos (a aprendizagem que teve significado para eles) raramente é estritamente

científica, assim como raramente é estritamente espontânea. Para a maioria dos alunos da Turma “X”, conceitos científicos convivem com não-científicos.

Foi possível detectar que, em alguns casos, o conceito se tornou uma fusão entre aquilo que se aprendeu no cotidiano e o que se aprendeu na escola. Como exemplo, cito Melina e Kathy, cujas respostas foram apresentadas nas Tabelas 49 e 50 e discutidas no item 7.3.1.

Melina, **provavelmente** no cotidiano, entendia aceleração como aumento de velocidade. Ao receber do Professor a instrução do conceito científico, aceleração, para ela, passou a ser aumento de velocidade pelo intervalo de tempo ($\Delta v/\Delta t$). Sua resposta à pergunta 18 traz essa idéia, pois afirmou que acelerar lembrava “aumentar a velocidade e diminuir o tempo”.

Para a Kathy, aceleração significava apenas variação de velocidade (ela não percebeu o fator tempo em parte de suas respostas). Assim como a Melina, ela também confirmou essa posição na questão 18, afirmando que acelerar lembrava “um carro aumentando ou diminuindo sua velocidade”. Tenho de admitir que o fator tempo possa estar implícito nessa resposta, porém, na questão 14, parece-me que não.

Na primeira vez que o Professor tratou do assunto aceleração com a Turma “X”, ele manteve um diálogo com seus alunos, registrado no item 4.1.1. Quando perguntou à turma “o que mede a aceleração?”, a primeira resposta que deram foi “*aumento ou diminuição de velocidade*”. Dois aspectos merecem destaque nessa resposta. O primeiro foi a utilização do termo “diminuição” antes mesmo de o Professor comentar essa possibilidade. Até aquele momento, ele só havia falado em variação de velocidade. Isso pode sugerir que tal aluno tenha entendido o significado da palavra variação ou que já tenha estudado esse tema no ensino fundamental. O segundo aspecto é que nenhum aluno salientou o fator tempo. Foi o Professor quem complementou a resposta com essa informação. É possível que alguns alunos, como Kathy, não tenham relacionado o fator tempo com a variação de velocidade para compor o conceito de aceleração.

Assim, percebo que a aprendizagem desse conceito físico é mais significativa ou menos significativa, de acordo com os aspectos do conceito que foram compreendidos. Embora Melina não tenha compreendido integralmente o

conceito, compreendeu dois aspectos da aceleração: o aumento de velocidade e a relação com o tempo. Isso permitiu que ela respondesse corretamente diversas questões. Já Kathy compreendeu aceleração como variação de velocidade, nem sempre relacionando-a com o fator tempo. Esses aspectos, pelo menos em relação ao questionário que responderam, não permitiram que ela desse respostas tão adequadas quanto as de Melina.

8.2.3 Ordenando os Alunos Através do Percentual de Acertos na Questão 16

TABELA 60 - TABELA 41, REORDENADA PELO PERCENTUAL DE ACERTO NA QUESTÃO 16

Nome	Grau de prazer em estudar Física	Subsunções (conceito de velocidade)	Número de conceitos espontâneos apresentados	% de acerto na questão 16
Dimas	6	S	0	100
Robson	6	S	2	100
Gabriel	6	S	1	100
Adriana	5	S	0	100
Fabício	5	S	0	100
João	5	S	0	100
Márcia	5	S	0	100
Wágner	5	S	0	100
Nayane	4	S	1	100
Média	5,2		0,4	
Taísa	5	S	1	90
Vicente	4	S	1	90
Média	4,5		1	
Leilane	6	S	2	80
Kamila	6	OSC	3	80
Henrique	6	OSC	3	80
Melina	4	S	2	80
Laís	4	I	3	80
Média	5,2		2,6	
Geovana	2	I	3	60
Luís	6	S	2	50
Denise	5	OSC	3	50
Mariza	5	I	3	50
Média	5,3		2,7	
Soraia	6	OSC	3	40
Marly	5	OSC	2	40
Kathy	4	S	2	40
Eliana	2	OSC	3	40
Lauro	1	S	3	40
Média	3,6		2,6	
Mário	5	S	1	30
Laura	4	OSC	2	30
Média	4,5		1,5	

Obs.: I – insuficiente; NR – não respondeu; OSC – oscilando entre espontâneo e científico; S – suficiente.

A Tabela 60 é a Tabela 41 reordenada pelo percentual de acerto na questão 16. Esse percentual de acerto é uma espécie de “nota” que o aluno tirou em uma questão que envolvia variados aspectos do conceito de aceleração. É

possível observar por essa tabela que, para alunos que tiraram a mesma nota, as demais variáveis oscilam bastante. Por isso, os percentuais de acerto na questão 16 não se constituem na melhor maneira de agrupar pessoas com aprendizagens similares.

8.2.4 Mea Culpa — Parte IV: A Influência da Linguagem. Dedicada aos Psicólogos, Linguistas e Ausubelianos Mais Experientes que Eu

Muitos dos alunos que erraram os casos de diminuição de velocidade, dizendo não haver aceleração, talvez acertassem se fosse empregado o termo “desaceleração”. É possível que alguns estejam confundindo o “conceito” com a “palavra conceito”.

Esse detalhe só me veio à cabeça depois das análises e, por isso, não o avaliei em meus instrumentos de pesquisa. Essa é uma questão que envolve significado e significante. Ausubel não esqueceu esse tema em sua teoria, mas, infelizmente, eu o esqueci em minha pesquisa. (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 44-46)

Se no Questionário II houvesse perguntas que avaliassem esse aspecto, eu poderia detectar quais alunos entendem o “significado” mas não o relacionam ao devido significante científico. Acredito agora que essa seria uma informação interessante, porém os dados disponíveis não me permitem obtê-la.

8.3 AS IMPLICAÇÕES PEDAGÓGICAS

Comparando as Tabelas 41, 55, 56 e 60, concluo que os conceitos espontâneos parecem ser o critério que melhor agrupa alunos com aprendizagens semelhantes do conceito de aceleração.

Pela Tabela 41, observo que os alunos que aprenderam mais significativamente o conceito de aceleração são aqueles que, além de apresentarem os maiores percentuais de acerto na questão 16 (100% e 90%), revelaram um ou nenhum conceito espontâneo, demonstraram ter o subsunçor velocidade suficiente

para ancorar a aprendizagem e também ser os que mais apreciavam a Matemática e a Física (Tabelas 44 e 45). Acredito que seja possível que esses alunos, antes da instrução escolar, possuísem mais conceitos espontâneos do que aqueles que foram detectados, porém pode ter ocorrido de eles terem sido superados durante o processo de aprendizagem. Como não fiz um pré-teste, não tenho como obter resposta a essa questão. Porém, uma coisa é certa: suas estruturas cognitivas estavam preparadas para aprenderem da maneira como o Professor ensinou.

Em relação ao ensino ministrado pelo Professor, 11 alunos ou 40,7% aprenderam de forma mais significativa, pois tiveram os maiores percentuais de acerto na questão 16, bem como apresentaram os subsunçores “velocidade” estruturados e no máximo um conceito espontâneo. Porém, 60,3% parecem não ter aprendido de forma tão significativa, pois tiveram 2 ou 3 conceitos espontâneos, isso sem contar que muitos têm o subsunçor velocidade oscilando entre o científico e o não-científico ou insuficiente e apresentaram, em média, baixos percentuais de acerto na questão 16.

Normalmente, esses conceitos não-científicos são construídos nas relações cotidianas. Assim, os alunos chegam à escola com essas concepções já formadas, como sustenta o item 1.5.3. Então, partindo do princípio de que alguns alunos já possuíam os conceitos espontâneos que apresentaram, entendo que eles mantiveram tais conceitos, apesar da instrução escolar. Por isso, ao responderem aos questionários, muitos continuaram a operar com aspectos que provavelmente aprenderam no dia-a-dia. Porém, entendo que, para fazer tais afirmações com total convicção, deveria ter aplicado um pré-teste. Não o fiz por não ser esse o objetivo da minha pesquisa.

No item 8.2.1, ao tecer comentários sobre a Tabela 59, comentei que, em princípio, os conceitos espontâneos exerciam uma influência negativa na aprendizagem, porém, em alguns casos, era possível que tais conceitos tivessem contribuído para a aprendizagem. Essa conclusão foi vinculada ao tipo de instrução escolar que receberam. Acredito que uma forma diferenciada de instrução, que levasse em conta tais concepções, poderia ter provocado resultados diferentes e, quem sabe, melhores. Se os conceitos espontâneos sobre aceleração da Turma “X” fossem levantados previamente e considerados no momento de se traçar uma

estratégia de ensino, provavelmente poderiam contribuir para uma aprendizagem mais significativa. Acredito que seriam de grande contribuição ao ensino de Física pesquisas que avaliassem seqüências de ensino que levassem em consideração esses conceitos, comparando os resultados com o ensino tradicional. Com base nisso, formulo a hipótese da “convivência conceitual”.

8.3.1 A Convivência Conceitual

As concepções espontâneas influenciam na aprendizagem do conceito de aceleração. Grande parte dos alunos que respondeu aos questionários convive com um ou mais desses conceitos, os quais fazem parte do cotidiano, inclusive na comunicação interpessoal.

Dentro das pesquisas desenvolvidas até o momento, fala-se em o ensino promover “mudanças conceituais” nos alunos. Nos itens 1.5.3 e 2.8.1, esse tema foi abordado. Uma das sugestões de vários pesquisadores, já referidos nesses itens, é questionar os conceitos espontâneos até que o aluno perceba os limites das suas concepções cotidianas e sinta, então, necessidade de mudar seus conceitos.

Não discordo de tais pesquisadores, porém parece-me óbvio, que se os conceitos cotidianos forem definitivamente substituídos pelos científicos, é possível que, em situações do dia-a-dia, o aluno passe a ter dificuldades de comunicação com outras pessoas. O caso do ônibus, que descrevi no item 7.1, é um exemplo. Assim, acredito ser importante pesquisar a possibilidade de o aluno manter e administrar, em sua estrutura cognitiva, uma adequada convivência entre os significados científicos e não-científicos de um mesmo significante. Aceleração é um exemplo.

Chamo de “convivência adequada” a capacidade de diferenciação dos variados significados de um mesmo significante, sejam eles cotidianos ou científicos, utilizando-os convenientemente e em momento oportuno. Isso implica em não permitir que o conceito do dia-a-dia interfira em respostas que exijam o conceito físico e vice-versa.

MOREIRA afirma que “... a mudança conceitual na estrutura cognitiva do aluno também não é um processo de substituição de uma concepção para outra, de

um significado para outro. A mudança conceitual é progressiva, evolutiva, não substitutiva. As novas concepções, ou os novos significados de uma dada concepção, coexistem (talvez para sempre), na estrutura cognitiva, com as preexistentes". (MOREIRA, 1999, p. 61)

Há alguns dias, procurei um mecânico, pois meu carro apresentou um barulho estranho. Para procurar o defeito, ele entrou debaixo do veículo e de lá gritou: "acelera". E eu respondi: "tem certeza?". Ele não entendeu minha piada, pois naquele momento sua colocação era estritamente cotidiana. Eu entendi o que ele quis dizer, mas, por pura brincadeira, dei-lhe uma resposta pensando no termo científico.

De certa forma, o "diálogo" que mantive com os alunos através dos questionários foi similar ao meu diálogo com o mecânico. Enquanto eu tratava o assunto na linguagem científica, alguns dos alunos o utilizavam na linguagem cotidiana.

Não creio que seja difícil para alunos do primeiro ano do ensino médio administrarem, em suas estruturas cognitivas, significados diferentes para um mesmo significante. Em nossa língua, existem muitas palavras que possuem vários significados. Manga é uma delas. É possível utilizar essa palavra tanto para designar um tipo de fruta quanto a parte de uma camisa. O contexto determina o significado e adquirimos essa consciência através de nossas experiências de vida. Nunca vi alguém vestindo ou chupando a manga errada. No entanto, por que 60,3% dos alunos da Turma "X" nem sempre percebiam as diferenças entre os muitos significados da palavra aceleração? Será que, até o momento da aplicação do instrumento de pesquisa, suas experiências com o conhecimento científico foram insuficientes para promover a diferenciação dos significados e uma conseqüente convivência conceitual?

Parece que a instrução do Professor foi suficiente para que alguns alunos (40,7%) entendessem melhor o significado científico, enquanto 60,3%, não tão bem. Isso significa que cada aluno possui estruturas cognitivas diferentes. Por isso, acredito que metodologias que busquem promover diferenciações dos variados significados do conceito possam colaborar com uma aprendizagem mais significativa. Talvez exista até uma necessidade de uma combinação de variadas

metodologias, para que estruturas cognitivas diferentes consigam ancorar a aprendizagem.

É possível que essa hipótese da “convivência conceitual” seja pertinente para o ensino de variados conceitos, inclusive em outras disciplinas, além da Física. Como exemplo cito, além de aceleração, os conceitos de “calor”, na Física, “mistura”, na Química, “semelhança”, na Matemática, e o “modo de produção”, na História, os quais possuem significados cotidianos nem sempre concordantes com o significado científico.

De uma certa forma, professores de língua portuguesa já estão habituados a lidar com uma situação similar à minha idéia da “convivência conceitual”. No dia-a-dia, as pessoas se valem de normas populares para se comunicarem, porém, ao escreverem um texto, muitos mudam de códigos, utilizando a norma culta. Isso me lembra um poema de Oswald de Andrade.

PRONOMINAIS

Dê-me um cigarro
Diz a gramática
Do professor e do aluno
E do mulato sabido

Mas o bom negro e o bom branco
Da Nação Brasileira
Dizem todos os dias
Deixa disso camarada
Me dá um cigarro
(ANDRADE, 1988)

Porém, é possível que a “convivência conceitual” não seja adequada para todos os possíveis conceitos científicos relacionados a um significante que tenha também um significado cotidiano. Somente pesquisas específicas, que estudem profundamente essa possibilidade, poderão comprovar a viabilidade desta proposta.

8.3.2 Uma Aula Sobre Aceleração Baseada em Ausubel e na Convivência Conceitual

Havendo um diagnóstico, inúmeras estratégias podem ser traçadas, tais como debates envolvendo aqueles conceitos espontâneos, com o objetivo de promover a compreensão e a diferenciação do conceito científico.

Ausubelianamente falando, a aula expositiva é a melhor maneira de o aluno adquirir corpos organizados de conhecimentos. Por isso, com base no resultado da análise dos questionários e na hipótese da “convivência conceitual”, proponho, a seguir, um exemplo de aula expositiva, com a intenção de promover no aluno a conveniente diferenciação entre conceito cotidiano e o conceito científico de aceleração.

Talvez eu mesmo, após tudo que observei nesta pesquisa, experimente dar uma aula como a que descrevo a seguir. Começo com uma espécie de “organizador prévio”:

A linguagem científica deve ser clara e o mais específica possível. Para isso, muitas vezes o cientista “inventa” palavras para expressar suas idéias ou fatos observados na natureza. Há situações em que ele lança mão de termos já existentes, usados nos meios populares, porém com um novo significado. É possível também que palavras inicialmente criadas para uso científico assumam um caráter popular, distanciando-se do seu significado original.

Outro dia, enquanto lanchava na praça de alimentação de um shopping, observei, na mesa ao lado, um caszinho de adolescentes em franca discussão. Ela se levantou, e com um tom de voz mais alto disse para ele: “você está ‘deletado’ da minha vida”. Virou-se e foi embora. Não sei se ela realmente o fez, mas percebo que uma palavra própria da linguagem da informática começa a ser usada para outros fins.

Tanto num caso quanto no outro, observa-se que o significado para a ciência e para o dia-a-dia podem ser até parecidos, mas nem sempre são exatamente iguais.

Na linguagem popular, o termo “acelerar” costuma ser empregado em variadas situações. É provável que você já tenha dito ou ouvido frases mais ou

menos assim: “Vamos! Acelere! Estamos atrasados” ou ainda, “ele fez seu trabalho de forma muito acelerada e talvez sem os devidos cuidados”. Nesses exemplos, a palavra “acelerar” está sendo usada, respectivamente, como sinônimo de aumento de velocidade ou simplesmente rapidez.

Numa música do cantor Djavan, chamada “Acelerou”²⁶ esse termo também é usado, em contraposição ao seu antônimo cotidiano “desacelerou”.

Quando eu te vi
aquilo era quase o amor
Você me acelerou, acelerou
me deixou desigual
Chegou pra mim
Me deu um daqueles sinais
Depois desacelerou
E eu fiquei muito mais

Músicas, assim como poesias, são passíveis de muitas interpretações. O que entendo daquilo que esse compositor quis dizer é que, ao ver sua amada, seu coração acelerou. Ao se aproximar, ela deu algum tipo de sinal, o qual ele interpretou como uma correspondência, uma esperança. Mas, então, ela “desacelerou”, voltou atrás, “deu-lhe um fora”, frustrou o poeta, enfim, “deletou-o”. Aqui os termos “acelerar” e “desacelerar” aparecem como antônimos. Em breve, veremos que esses dois termos, para a Física, sob alguns aspectos, podem ser até sinônimos.

De todas as formas cotidianas, a mais utilizada é aquela em que o termo “acelerar” é relacionado ao ato de apertar o pedal do acelerador de um automóvel. Quando um motorista aciona esse dispositivo, independentemente de a velocidade aumentar, diminuir, manter-se constante ou mesmo que o carro nem saia do lugar, diz-se que ele está acelerando.

²⁶ Esta música está gravada no CD Djavan ao vivo, volume 2.

Todas essas possíveis utilizações da palavra “acelerar” são formas mais cotidianas e nem todas poderiam ser usadas de maneira adequada num texto científico.

Até este ponto da aula, o objetivo do “organizador prévio” é mostrar os vários significados do significante aceleração. A partir deste ponto, introduziria uma explanação geral do conceito científico de aceleração, diferenciando as aplicações científicas das cotidianas.

“Aceleração”, em termos científicos, é uma grandeza que mede as variações de velocidade num intervalo de tempo. Assim, algumas contradições poderão ocorrer entre os conceitos de aceleração na linguagem científica e na cotidiana.

Por exemplo, do ponto de vista físico, é possível apertar o acelerador de um carro sem necessariamente provocar uma “aceleração”. Se um automóvel se locomover em linha reta, com velocidade constante, sabemos que será necessário pressionar o pedal para manter o movimento. Por isso, na linguagem cotidiana, diríamos que há uma aceleração. Porém, nesse caso, para a Física, não há aceleração. Acelerar para a Física implica em variação da velocidade durante um intervalo de tempo. O “acelerar” da linguagem cotidiana nem sempre corresponde ao da linguagem física.

O conceito de aceleração atualmente utilizado pela ciência é uma invenção (uma idéia) de Galileu Galilei (1564-1642). De acordo com suas definições, a aceleração mede a variação da velocidade que um determinado objeto sofre durante um determinado intervalo de tempo.

Assim, quando apertamos o acelerador de um automóvel e sua velocidade aumenta, podemos dizer, sob o ponto de vista da Física, que há aceleração, pois a velocidade variou durante um intervalo de tempo. Mas, se apertarmos o freio e a velocidade diminuir, também poderemos dizer que há aceleração, pois a velocidade também variou durante um intervalo de tempo. Isso se contrapõe à linguagem cotidiana, em que “acelerar” significa aumento e “desacelerar” significa diminuição. Para a Física, “aceleração” está relacionada tanto a aumento quanto à diminuição da velocidade durante um intervalo de tempo.

A expressão matemática da aceleração é:

$$a_m = \Delta v / \Delta t$$

sendo:

$a_m \rightarrow$ aceleração escalar média

$\Delta v \rightarrow$ variação da velocidade ($v - v_0$)

$\Delta t \rightarrow$ intervalo de tempo em que ocorreu a variação da velocidade ($t - t_0$)

Efetuada esta divisão, obteremos a variação de velocidade por intervalo de tempo. Essa razão será chamada de aceleração “média” (a_m).

Como Ausubel afirma que se aprende melhor do geral para o específico, agora daria exemplos de movimentos com acelerações.

Vamos a um exemplo. Suponha que um carro esteja trafegando em uma rodovia a 72 km/h. O motorista vê à sua frente obras na pista e terá de frear. Admitindo que ele gaste 10 s até parar totalmente, podemos afirmar que nesse caso há aceleração e ela pode ser calculada pela equação:

$$a_m = \Delta v / \Delta t = (0 - 72) / 10 = -7,2 \text{ (km/h)/s}$$

A aceleração de -7,2 (km/h)/s indica que a velocidade do veículo diminuiu em 7,2 km/h a cada segundo.

Refazendo os cálculos, agora no Sistema Internacional de Unidades, teremos:

$$a_m = \Delta v / \Delta t = (0 - 20) / 10 = -2 \text{ (m/s)/s} = -2 \text{ m/s}^2$$

A aceleração de -2 (m/s)/s indica que a velocidade do veículo diminuiu em 2 m/s a cada segundo.

Fisicamente falando, -2 m/s² e -7,2 (km/h)/s são equivalentes. Esses valores apenas estão expressos em unidades diferentes.

Tomemos um outro exemplo numérico. Imagine que um móvel em repouso ($v_0 = 0$) sofra a ação de uma força e entre em movimento. Após 2 s (dois segundos), sua velocidade é de 8 m/s. Assim, podemos dizer que houve uma variação de velocidade de 8 m/s em 2 s ou, ainda:

$$a_m = \Delta v / \Delta t = 8 \text{ m/s} / 2 \text{ s} = 4 \text{ m/s/s} = 4 \text{ m/s}^2$$

Dizer que a aceleração de um móvel é de 4 m/s² significa dizer que, a cada segundo, a velocidade do móvel varia de 4 m/s.

Fiz questão de apresentar como primeiro exemplo um caso em que a velocidade diminuía até para provocar um certo impacto no aluno.

A seguir, poderiam ser feitos exercícios que, além da equação, utilizassem também outras formas de representação da grandeza aceleração. Isso pode proporcionar variadas oportunidades de aprendizagem. Os exercícios podem levar os alunos a reflexões que contribuem para a aquisição desse conceito. No questionário que apliquei, pude observar exemplos de alunos que, após responderem a sucessivas perguntas sobre o tema aceleração, demonstraram uma evolução, passando a acertar itens que anteriormente erraram. Denise é um exemplo, já comentado no item 7.4. Além do caso dessa aluna, chamou-me a atenção o fato de que muitos alunos, que não aprenderam bem o conceito de aceleração e que erraram diversas questões, tiveram um bom desempenho na questão 17, a qual foi respondida após uma experiência. A Tabela 39 atesta isso. Fico pensando: será que essa ou outra experiência concreta poderiam contribuir com a aprendizagem ou, pelo menos, serviriam de organizadores prévios, segundo a Teoria de Ausubel? Ou, ainda, será que se essa fosse a primeira questão do questionário o resultado seria diferente? A ordem das questões pode influenciar nas respostas? É possível que cada questão possa provocar uma reconstrução do conceito? Que tipo de exercício pode contribuir para a aprendizagem significativa? Essas perguntas são outras propostas de pesquisas.

Apresento, a seguir, um exemplo de exercício que poderia ser testado por pesquisadores interessados em estudar a interferência de resoluções de problemas de aceleração na aprendizagem desse conceito. O problema sugerido é o seguinte: *“No quadro abaixo são apresentadas duas acelerações. A partir dos valores fornecidos, execute as solicitações de cada coluna.”*

Seja uma aceleração $a = 2 \text{ m/s/s}$. Admita que a velocidade inicial do móvel seja nula.	Seja uma aceleração $a = -2 \text{ m/s/s}$. Admita que a velocidade inicial do móvel seja 10 m/s .
a) Construa o gráfico $a \times t$	a) Construa o gráfico $a \times t$
b) O que significa essa aceleração?	b) O que significa essa aceleração?
c) Construa uma tabela com os valores da velocidade em função do tempo para os primeiros 5 segundos.	c) Construa uma tabela com os valores da velocidade em função do tempo para os primeiros 5 segundos.
d) Construa um gráfico da velocidade em função do tempo para os primeiros 5 segundos de movimento.	d) Construa um gráfico da velocidade em função do tempo para os primeiros 5 segundos de movimento.

Na coluna da esquerda, há um caso em que a velocidade aumenta. Na da direita, ela diminui. O fato de representar a aceleração através de um gráfico, de descrever seu significado através de uma frase, de representar o que ocorre com a velocidade tanto através de uma tabela quanto de um gráfico, pode contribuir para que uma maior quantidade de alunos aprenda mais significativamente esse tema. Porém, é óbvio que qualquer afirmação sobre a eficácia dessa sequência de ensino exigiria uma pesquisa. Além disso, reconheço que a aula que sugeri e o exercício acima não dão conta de todos os obstáculos que a aprendizagem desse conceito

envolve. Muito menos foram abordados todos os conceitos espontâneos apresentados. Eu diria que é um começo.

Muitos exemplos e exercícios reflexivos, que abordem os variados aspectos desse tema, inclusive sua unidade de medida e seu significado, devem ser empregados. Mas, acima de tudo, é importante o professor diagnosticar para intervir. Os questionários que elaborei podem contribuir para esse diagnóstico.

8.3.3 Os Questionários que Apliquei e a Prática de Professor de Física do Ensino Médio

O conceito espontâneo pode ser um subsunçor, tanto atrapalhando como ajudando na aprendizagem, mas, mesmo quando desconsiderado, é possível que alguns alunos aprendam.

Ausubel entende que descobrir o que o aluno já sabe, antes de ensinar a ele um determinado tema, é de grande importância para que a aprendizagem seja significativa (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. VIII). Por isso, é importante o levantamento prévio dos subsunçores dos alunos.

Os questionários que elaborei podem servir de modelos para que professores de ensino médio detectem os conhecimentos que seus alunos possuem. O questionário 1 permite avaliar o subsunçor velocidade e o questionário 2 pode avaliar os conhecimentos sobre aceleração tanto antes quanto depois da instrução escolar sobre esse tema. Se usado antes, ele pode servir para que se detecte o que o aluno sabe sobre o tema e seus conhecimentos espontâneos. A partir daí o professor pode direcionar suas práticas. Caso seja aplicado depois da instrução escolar, este instrumento poderá servir para que o professor avalie a aprendizagem e verifique quais conceitos espontâneos ainda estão sendo usados em situações que exigiriam o conceito científico.

Vejo a simplicidade na aplicação desses questionários como um ponto positivo. Eles não exigem materiais sofisticados, além de não consumirem muito tempo.

Para obter os resultados necessários, o professor não precisa montar tabelas como eu fiz. Com base nas categorias já levantadas por tantos

pesquisadores (capítulo 5), é possível chegar a uma visão geral da turma somente através da leitura das respostas e, assim, direcionar suas práticas.

8.4 FINALIZANDO

Uma boa parte da minha dissertação foi permeada de “talvez”, “ao que parece”, “pelo jeito”. Isso ocorreu porque este instrumento não atinge as essências dos conceitos intuitivos e seus porquês. Para isso, eu teria de recorrer a entrevistas abertas, não estruturadas. Porém, esse instrumento atinge os objetivos a que se propõem, oferecendo dados que permitem responder à pergunta de pesquisa (É significativa a aprendizagem do conceito físico de aceleração no primeiro ano do ensino médio?) e oferecendo aos professores de Física um instrumento de avaliação deste conceito.

O ensino tradicional se mostrou suficiente para alguns alunos, mas para outros não. A aprendizagem é um processo do indivíduo, pois cada um tem seus próprios subsunçores. O aluno ancora a aprendizagem de maneira particular, de acordo com suas experiências e relações vivenciadas. Por isso, quanto mais exemplos forem dados, quanto mais formas de abordar um conteúdo forem utilizadas, quanto mais relações com o cotidiano forem feitas, maiores serão as possibilidades de mais alunos ancorarem a aprendizagem de um determinado conceito.

São muitos os fatores que determinam a aprendizagem, e as relações entre eles apontam para muitos caminhos. Este trabalho coloca em evidência a complexidade desse domínio.

REFERÊNCIAS

ALBERTI, V. **História oral: a experiência do CPDOC**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1990.

ANDRADE, O. de. **Seleção de textos**. São Paulo: Nova Cultural, 1988.

ARAGÃO, R. M. R. de. **Teoria da aprendizagem significativa de David P. Ausubel**. Campinas, 1976. 105 f. Tese de Doutorado – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas.

AUSUBEL, D. P.; ROBBINS, L. C.; BLAKE, E. Retroactive inhibition and facilitation in the learning of school materials. **Journal of Educational Psychology**, v. 48, p. 334-342, 1957.

_____.; DAVID, P. The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. **Journal of Educational Psychology**. Washington, v. 51, n. 5, p. 267-272, Oct. 1960.

_____.; DAVID, P; FITZGERALD, D. The role of discriminability in meaningful verbal learning and retention. **Journal of Educational Psychology**, v. 52, n. 5, p. 266-274, Out. 1961.

_____.; DAVID, P. A subsumption theory of meaningful verbal learning and retention. **Journal of General Psychology**, v. 66, p. 213-224, 1962.

_____. Cognitive structure and facilitation of meaningful verbal learning. **Journal of Teacher Education**, n. 14, p. 217, 1963.

_____. Perception versus cognition in meaningful verbal learning. **The Journal of General Psychology**. Provincetown, v. 73, p. 185-187, Aug. 1965. a

_____.; DAVID, P; ROBINSON, F. G. **School learning: an introduction to educational psychology**. New York: Holt, Rinehart and Winston, INC, 1969. a

_____.; DAVID, P. A cognitive theory of school learning. **Psychology in the Schools**, Chicago, v. 6, n. 4, p. 331-335, Out. 1969. b

_____.; DAVID, P. **Readings in School Learning**. New York: Holt, Rinehart and Winston, INC, 1969. c

_____.; DAVID, P.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BACHELARD, G.; ABREU, E. dos S. (Trad.). **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BONJORNO, R. A.; BONJORNO, J. R. et al. **Física completa**. São Paulo: FTD, 2000.

CAMARGO É. P. de; SCALCI, L. V. de A.; BRAGA T. M. S. Concepções espontâneas de repouso e movimento de uma pessoa deficiente visual total. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 17, n. 3, dez/2002, p. 307-327.

CAMÕES. L. de. **Os Lusíadas**. São Paulo: Nova Cultural, 2002.

CAMPOS, H. de. **A máquina do mundo repensada**. São Paulo: Ateliè, 2000.

CARVALHO, A. M. P. de; VANNUCCHI, A. I.; BARROS, M. A.; et al. **Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 1998.

CARVALHO, W. L. P. **Conceitos intuitivos: relações entre força, velocidade, aceleração e trajetória**. São Paulo, 1985, 114 f. Dissertação de Mestrado – Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

CLEMENT, J. Student's preconceptions in introductory mechanics. **American Journal of Physics**, v. 50, n. 1, 1982, p. 66-71.

COLL, C.; PALACIOS, J., MARCHESI, A. et al. **Desenvolvimento psicológico e educação**. Porto Alegre: Artmed, 1995. v. 1.

_____, C.; MARTÍ, E. Aprendizagem e desenvolvimento: a concepção genético-cognitiva da aprendizagem. In: _____, C.; PALACIOS, J., MARCHESI, A. et al. **Desenvolvimento psicológico e educação**. Porto Alegre: Artmed, 1996. v. 2.

COSTA, S. S. C. da; MOREIRA, M. A. O papel da modelagem mental dos enunciados na resolução de problemas de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 47-60, mar. 2002.

CUBILLOS, S. P. Z. **Influência do conhecimento prévio sobre o desempenho do aluno em um curso de física geral individualizado**. Porto Alegre, 1981. 71 f. Dissertação de Mestrado – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

DRIVER, R. Pupil's alternative framework in science. **European Journal of Science Education**, v. 3, n. 1, jan-mar. 1981, p. 93-101.

DREYFUS, A. et al. Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change – some implications, difficulties, and problems. **Science Education**, v. 74, n. 5, 1990, p. 555-569.

DUSCHL, R. A. Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 1, p. 3-14, 1995.

FERREIRA, A. B. de H. **Novo Aurélio século XXI: o dicionário da língua portuguesa**. 3. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

FERNÁNDEZ, V. R. F., CRUZ, R. H. G.-J. El modelo didático de la formación de un cuadro químico del mundo en los estudiantes. Una vía para el cambio conceptual. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 2, p. 171-177, 1995.

FILOCRE, J. A teoria de Piaget como sistema de referência para a compreensão da “física intuitiva”. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 3, n. 2, ago/1986, p.85-96.

GALAGOVSKY, L. R., MUÑOZ, J. C. La distância entre aprender palavras y aprehender concptos. El entramado de palavras-concepto (epc) como um nuevo instrumento para la investigación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 1, 2002, p. 29-45.

GANGOSO, Z. El fracaso en los cursos de física. El mapa conceptual, una alternativa para el análisis. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 14, n. 1, 1997, p. 17-36.

GALILEI, G. **Duas novas ciências**. São Paulo: Ched, 1935.

HEISENBERG, W. **A parte e o todo**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1998.

HEWSON, P. W. et al. The conditions of conceptual change in classroom. **International Journal of Science Education**, v. 11, n. 5, 1989, p. 541- 553.

LABURU, C. E. **Desenvolvimento e aprendizagem do conceito de aceleração em adolescentes**. São Paulo, 1987, 287 f. Dissertação de Mestrado — Instituto de Física. Universidade de São Paulo.

LÓPEZ, R. A. et al. Una aproximación a las representaciones del alumnado sobre el universo. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 3, 1995, p. 327-335.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1986.

LUZ, A. A. da. **A tetradimensionalidade na didática: uma avaliação sociométrica de currículo**. Curitiba, 1993, 67 f. Tese para obtenção do título de Professor Titular — Departamento de Métodos e Técnicas da Educação. Universidade Federal do Paraná.

MAGALHÃES, M.; SANTOS, W. M. S.; DIAS, P. M. C. Uma proposta para ensinar os conceitos de campo elétrico e magnético: uma aplicação da história da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n.4, dez. 2002, p. 489-496.

MASINI, E. F. S. **Aprendizagem totalizante**. São Paulo: Makenzie, 1999.

_____. **Sistematização e aplicação de recursos facilitadores de aprendizagem significativa, propostos por Ausubel, numa situação de sala de aula**. São Paulo, 1976. 63 f, v.1. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da física**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983.

_____. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: E.P.U. Pedagógica e Universitária, 1999.

_____. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Universidade de Brasília, 1999.

_____. Ensino de física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n.1, mar. 2000, p.94-99.

_____; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa, a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

MORI, I.; TADANG, N.; KITIGAWA, O. The effect of language on a child's forming of spatio-temporal concept: on comparing japanese and tahi children. **Science Education**, New York, v. 58, n. 4, 1974, p. 523-529.

MORI, I.; TADANG, N.; KITIGAWA, O. The effect of language on a child's forming of speed: a comparative study on japanese and tahi children. **Science Education**, New York, v. 60, n. 4, 1976, p. 531-534.

MOURÃO, R. R. de F. **Astronomia em Camões**. Rio de Janeiro: Nova Aguilar, 1998.

NEVES, M. C. D.; SAVI, A. A. A sobrevivência do alternativo: uma pequena digressão sobre mudanças conceituais que não ocorrem no ensino de física. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 6, n. 1, 2000, p. 11-20.

NOVAK, J. D. Construtivismo humano: un consenso emergente. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 3, p. 213-223, 1988.

OSBORNE, R. J.; BELL, O. F. Science teching and children's views of the world. **European Journal of Science Education**, v. 5, n. 1, p. 1-14, jan./mar. 1983.

PACCA, J. L. A. Entendimento de conceitos e capacidade de pensamento formal. São Paulo, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 6, n. 2, dez./1984, p. 23-28.

PEDRA, J. A. **Currículo, conhecimento e suas representações**. São Paulo: Papirus, 1997.

PEDUZZI, S. S.; PEDUZZI, L. O. Q. Leis de Newton: uma forma de ensiná-las. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 5, n. 3, p. 142-161, dez. 1988.

PÉREZ-LANDAZÁBAL, M. C. La energia como núcleo en el diseño curricular de la física. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 1, 1995, p. 55-65.

PIAGET, J. **Les notions de mouvement et de vitesse chez l' enfant**. Paris: Presses Universitaires de France, 1946.

_____.; GARCIA, R. **Psicogênese e história das ciências**. Lisboa: Dom Quixote, 1987.

PREECE, P. F. W. Intuitive science: learned ou triggered? **European Journal of Science Education**, v. 6, n. 1, 1984, p. 7-10.

POSNER, G. J. et al. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**, v. 66, n. 2, 1982, p. 211- 227.

QUEIROZ, G.; AZEVEDO, C. A. A ciência alternativa do senso comum e o treinamento de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 4, n.1, abr. 1987, p.7-16.

SILVEIRA, F. L. da. **A influência da estrutura cognitiva em aprendizagem de física**. Porto Alegre, 1976. 57 f. Dissertação de Mestrado – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SOLANO, F. et. al. Persistência de preconceitos em los circuitos eléctricos de corriente continua. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 24, n. 4, dez. 2002, p. 460-470.

STRIKE, K. A; POSNER, G. J. Conceptual change and science teaching. **Europeans journal of science education**, v. 4, n. 3, jul./set. 1982, p. 231-240.

TEIXEIRA, O. P. B. **Desenvolvimento do conceito de velocidade**: um estudo a partir de questões típicas. São Paulo, 1985. 284 f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

TROWBRIDGE, D. E.; MCDERMOTT, L. C. Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension. **American Journal of Physics**, St. Louis, v. 49, n. 3, mar. 1981, p. 242-253.

VILLA, S. R. Ideas intuitivas y aprendizaje de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 2, jun. 1984, p. 83-89.

VILLANI, A. et al. Analisando o ensino de física: contribuições de pesquisas com enfoques diferentes. **Revista de Ensino de Física**, São Paulo, v. 4, dez. 1982, p.23-52.

VILLANI, A.; CARVALHO, L. O. de. Conflictos cognitivos, experimentos cualitativos y actividades didácticas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 3, p. 279-294, 1995.

VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. **European Journal of Science Education**, London, v. 1, n. 2, april/june, 1979, p. 205-221.

WHITE, R. T.; GUNSTONE, R. F. Metalearning and conceptual change. **International Journal of Science Education**, v. 11, n. 5, 1989, p. 577-586.

ZYLBERSZTAJN, A. Concepções espontâneas em física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino. **Revista de Ensino de Física**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 3-16, dez. 1983.

ANEXOS

ANEXO 1 — QUESTIONÁRIO I

1) Nome: _____

2) Data de Nascimento: ____/____/____

3) Das disciplinas que você está estudando esse ano, coloque o número 1 (um) na frente daquela que você **mais** gosta, o número 2 (dois) na frente da segunda que você **mais** gosta e 3 (três) na frente da terceira que você **mais** gosta?

() Português () Inglês () História () Geografia () Matemática () Física
() Química () Biologia () Filosofia () Sociologia

4) Das disciplinas que você está estudando esse ano, qual você **menos** gosta? Coloque um "X" na frente dessa disciplina.

() Português () Inglês () História () Geografia () Matemática () Física
() Química () Biologia () Filosofia () Sociologia

5) Faça um "X" dentro do parênteses, indicando a disciplina que, em sua opinião, está mais associada à **Física**:

() Português () Inglês () História () Geografia () Matemática () Física
() Química () Biologia () Filosofia () Sociologia

6) Em relação à Física, numa escala de 0 a 7, que nota você daria para o seu prazer em estudar essa disciplina? Considere **zero = odeio Física** e **7 = gosto muito de Física**. Faça uma bolinha em torno da nota que você julgar a mais compatível com sua afinidade a essa disciplina.

1 2 3 4 5 6 7

7) O que significa cada termo da equação $v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$?

$v_m \rightarrow$ _____

$\Delta s \rightarrow$ _____

$\Delta t \rightarrow$ _____

8) O que significa uma velocidade de 100 km/h? R: _____

9) Usando como referência a velocidade média dos carros que andam **pelas ruas de nossa cidade**, uma velocidade de 30 km/h (trinta quilômetros **por hora**) pode ser considerada alta ou baixa? R: _____

10) Usando como referência a velocidade média dos carros que andam **pelas ruas de nossa cidade**, uma velocidade de 30 km/s (trinta quilômetros **por segundo**) pode ser considerada alta ou baixa? Por quê? Use o verso da folha caso seja necessário.

11) Usando como referência a velocidade média dos carros que andam **pelas ruas de nossa cidade**, uma velocidade de 30 m/s (trinta metros **por segundo**) pode ser considerada alta ou baixa? Justifique sua resposta. Use o verso da folha caso seja necessário.

ANEXO 2 — QUESTIONÁRIO II

Nome: _____

12) Como você estuda para as provas de **Física**? Assinale com um “X” todas as alternativas que fazem parte de suas práticas de estudo.

() uso as anotações e exercícios do caderno

() uso a lista de exercícios – xerox

() uso os roteiros de experiências das aulas de laboratório

() uso os livros da biblioteca (ou da escola ou da Biblioteca Pública)

() uso os livros que tenho em casa (próprios ou emprestados)

() tenho aulas com professor particular

() estudo com colegas

() outros. Especifique: _____.

13) Admita que uma Ferrari, partindo do repouso ($v_0 = 0$), atinge velocidade de 100 km/h em 4 segundos, enquanto um Gol-1000 gasta, a partir do repouso, 10 segundos para atingir a mesma velocidade de 100 km/h. Como os dois carros tiveram a **mesma variação de velocidade** (de 0 a 100 km/h), podemos afirmar que eles possuem a **mesma aceleração**? Responda “sim” ou “não”. Justifique.

14) Um objeto, partindo do repouso, está sujeito a uma aceleração ($0,000.000.001 \text{ m/s}^2$). É possível, devido a essa baixa aceleração, que ele atinja uma velocidade de 300 km/h? Responda “sim” ou “não” e justifique. Não há necessidade de fazer contas. Você pode usar o verso da folha, se necessário.

15) Todo carro que esteja em movimento tem aceleração? Responda “sim” ou “não” e justifique. Você pode usar o verso da folha, se necessário.

16) Para responder a essa questão, coloque dentro dos parênteses as seguintes letras, conforme sua opinião:

“S” (**sim**), nos casos em que há aceleração

“N” (**não**), quando não houver aceleração

“ID” (**impossível determinar**), quando não for possível determinar

- () Um carro aumenta sua velocidade de 40 km/h para 60 km/h.
- () Uma pessoa caminha vagarosamente, com velocidade constante de 0,5 m/s.
- () Um carro a 60 km/h freia até parar.
- () Às 13h e 20min a velocidade de um objeto é de 10 m/s.
- () Às 13h e 20min a velocidade de um carro é de 10 km/h.
- () Um carro de Fórmula-1 mantém velocidade constante de 300 km/h.
- () Às 13h e 20min a velocidade de um carro é de 150 km/h.
- () Às 13h e 20min a velocidade de um carro é de 150 km/h e, às 13h e 22 min, a velocidade do mesmo carro é de 30 km/h.
- () Uma nave espacial mantém velocidade constante de 40.000 km/h .
- () Às 13h e 20 min a velocidade de um carro é de 30 km/h e, às 13h e 22min, a velocidade do mesmo carro é de 150 km/h.

17) Dois corpos de massas diferentes, um mais leve e outro mais pesado, são abandonados simultaneamente de uma mesma altura. Marque **verdadeiro (V)** ou **falso (F)** para cada uma das afirmações a seguir.

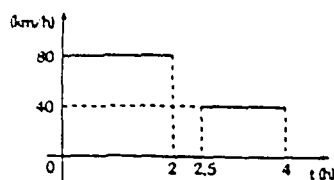
- () O tempo gasto na queda é o mesmo para os dois corpos.
- () A distância que eles percorrem é a mesma.
- () Eles atingem o solo com a mesma velocidade.
- () A velocidade do corpo mais pesado é sempre maior
- () A aceleração dos dois corpos é a mesma.
- () A aceleração do corpo mais pesado é sempre maior.

18) O que vem à sua cabeça quando ouve a palavra “**acelerar**”? Você pode usar o verso da folha, se necessário.

19) O que significa uma aceleração de 2 m/s^2 ?

ANEXO 3 – LISTA DE EXERCÍCIOS

Um automóvel faz uma viagem em 4 horas e sua velocidade escalar varia em função do tempo aproximadamente como mostra o gráfico. Calcule a velocidade escalar média do automóvel na viagem. 55 km/h



(PUC-SP) A tabela abaixo fornece os dados de uma viagem feita por um móvel em três intervalos independentes e na sequência 1, 2 e 3.

Intervalo	duração do intervalo (h)	velocidade (km/h)
1	0,10	20
2	0,40	60
3	0,20	20

- Construa o gráfico da velocidade (km/h) em função do tempo (h). Resolução no final do livro.
- Calcule a distância total percorrida pelo móvel. 30 km
- Indique no gráfico o tempo que o móvel gasta para percorrer os primeiros 11 km. 0,25 h

Calcule a aceleração média de um carro, sabendo que sua velocidade varia de 4 m/s para 12 m/s em 2 s. 4 m/s²

Um trem tem velocidade v_0 no instante 4 s e velocidade 15 m/s no instante 9 s. Sabendo que a aceleração escalar média no intervalo de 4 s a 9 s foi de 2 m/s², calcule v_0 . 5 m/s

Um carro parte do repouso e atinge a velocidade de 25 m/s em 5 s. Ache sua aceleração média nesse intervalo de tempo. 5 m/s²

A função da velocidade de um móvel em movimento retilíneo é dada por $v = 50 + 4t$ (no SI).

- Qual a velocidade inicial e a aceleração do móvel? 50 m/s e 4 m/s²
- Qual a velocidade do móvel no instante 5 s? 70 m/s
- Em que instante a velocidade do móvel é igual a 100 m/s? 12,5 s

Um ponto material em movimento retilíneo adquire velocidade que obedece à função $v = 40 - 10t$ (no SI). Determine:

- a velocidade inicial; 40 m/s
- a aceleração; -10 m/s²
- a velocidade no instante 5 s; -10 m/s
- o instante em que o ponto material muda de sentido; 4 s
- a classificação do movimento (acelerado ou retardado) nos instantes 2 e 6 s. acelerado e retardado

17. A velocidade de um móvel no decorrer do tempo é indicada pela tabela seguinte.

t(s)	0	2	4	6	8	10
v(m/s)	5	7	13	17	21	23

Calcule a função horária da velocidade desse móvel. $v = 5 + 2t$

48. Um móvel parte com velocidade de 4 m/s de um ponto de uma trajetória retilínea com aceleração constante de 5 m/s². Ache sua velocidade no instante 16 s. 84 m/s

49. O maquinista aciona os freios de um trem, reduzindo sua velocidade de 80 km/h para 60 km/h no intervalo de 1 minuto. Determine, supondo-a constante, a aceleração do trem nesse intervalo. Dê a resposta em km/h². -1.000 km/h²

50. Um automóvel, correndo com velocidade de 90 km/h, é freado com uma aceleração constante e pára em 5 s. Qual a aceleração introduzida pelos freios? -5 m/s²

51. Um corpo percorre uma trajetória retilínea com aceleração constante de 4 m/s². No instante inicial o movimento é retardado e sua velocidade em módulo é de 20 m/s. Determine a velocidade do corpo no instante 30 s. 100 m/s

52. Considere as seguintes funções horárias da posição, onde s é medido em metros e t , em segundos:

$$a) s = 10 + 4t + 3t^2 \quad b) s = 1 - t^2 \quad c) s = -8 + t - 5t^2 \quad d) s = 4t^2 - 8t$$

Ache a função horária da velocidade para cada uma delas.

53. Um corpo desloca-se sobre uma trajetória retilínea obedecendo à função horária $s = -40 - 2t + 2t^2$ (no SI). Pede-se:

- a posição inicial, a velocidade inicial e a aceleração do corpo; $s_0 = -40$ m, $v_0 = -2$ m/s e $a = 4$ m/s²
- a função horária da velocidade; $v = -2 + 4t$
- o instante em que o corpo passa pela origem das posições; 5 s

54. Um móvel desloca-se sobre uma trajetória retilínea obedecendo à função horária $s = 6 - 5t + t^2$ (no SI). Determine:

- a posição do móvel no instante 5 s; 6 m
- o caminho percorrido pelo móvel entre os instantes 4 s e 6 s; 10 m
- o instante em que o móvel passa pela posição 56 m; 10 s

55. Um ciclista executa um movimento uniformemente variado obedecendo à função horária $s = 15 - t + 2t^2$ (no SI). Determine o instante e a posição em que o ciclista muda o sentido do movimento. 0,25 s e 14,875 m

56. Um móvel parte com velocidade de 10 m/s e aceleração constante de 6 m/s² da posição 20 metros de uma trajetória retilínea. Determine sua posição no instante 12 segundos. 572 m

57. Um carro percorre uma estrada a 45 km/h. O motorista quer ultrapassar um outro carro e acelera uniformemente, até atingir 90 km/h em 10 segundos. a) Qual foi a aceleração do carro nesses 10 segundos? 1,25 m/s² b) Qual a distância percorrida pelo carro nesses 10 segundos? 137,5 m

58. Um trem parte do repouso da origem das posições de uma trajetória retilínea, com aceleração constante de 4 m/s².

- Que velocidade tem após 10 s? 40 m/s
- Que distância percorreu em 10 s? 200 m
- Qual a distância percorrida até o instante em que sua velocidade atinge 60 m/s? 450 m
- Qual é sua velocidade média no intervalo de 0 a 10 s? 20 m/s

59. Num teste de corrida, um carro consegue atingir a velocidade de 40 m/s em 5 segundos. Sabendo que o movimento é uniformemente acelerado, e que ele parte do repouso, calcule a distância percorrida durante 14 segundos. 784 m

60. Partindo do repouso no instante $t = 0$, um ponto material possui aceleração escalar constante e igual a 2,0 m/s². Qual a distância percorrida pelo ponto material entre os instantes $t_1 = 1$ s e $t_2 = 2$ s? 3 m

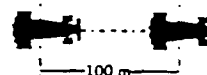
61. Um carro viajando com velocidade escalar de 72 km/h freia repentinamente e consegue parar em 4 segundos. Considerando a desaceleração uniforme, qual a distância percorrida pelo carro durante esses 4 segundos? 40 m

62. Um ponto material parte do repouso com aceleração constante e 10 s após encontra-se a 40 m da posição inicial. Determine: a) a aceleração do ponto material; 0,8 m/s² b) a velocidade do ponto material no instante 10 s; 8 m/s

63. Um ciclista A inicia uma corrida a partir do repouso, acelerando 0,50 m/s². Nesse instante passa por ele um ciclista B, com velocidade constante de 5,0 m/s e no mesmo sentido que o ciclista A. a) Depois de quanto tempo após a largada o ciclista A alcança o ciclista B? 20 s b) Qual a velocidade do ciclista A ao alcançar o ciclista B? 10 m/s

64. De uma cidade A parte, do repouso, para uma cidade B um carro em movimento uniformemente acelerado de aceleração 12 km/h². Nesse exato momento parte de B para A, na mesma direção, um outro carro com velocidade constante de 25 km/h. A distância entre as cidades A e B é de 469 km. Determine: a) o instante do encontro; 7 s b) a posição do encontro; a 254 m de A

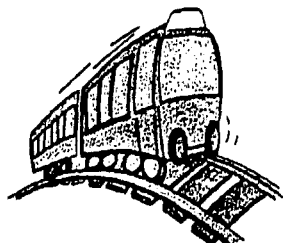
65. (Metodista-SBC) No grande prêmio do Japão de automobilismo, 10 segundos antes de Prost e Senna se chocarem, a distância entre eles era de 100 metros. Supondo que nesse instante as velocidades de ambos eram iguais e que o piloto que vinha na frente mantinha uma aceleração constante de 1 m/s², qual foi a aceleração desenvolvida pelo outro piloto nesse intervalo de tempo? 1 m/s²



66. Uma bicicleta tem velocidade inicial de 4,0 m/s e adquire uma aceleração constante de 1,8 m/s². Qual é sua velocidade após percorrer 50 m? 14 m/s

67. Um carro corre a uma velocidade de 72 km/h. Quando freado, pára após percorrer 50 metros. Calcule a aceleração introduzida pelos freios. -4 m/s²

ANEXO 4 – ROTEIRO DE LABORATÓRIO



MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO

- 01) Faça um esquema da montagem do carrinho.
 02) Prenda uma massa na extremidade livre do barbante, posicione a bandeirola, libere o carrinho e anote o tempo que ele levou para percorrer aquela distância.
 Varie as distâncias e complete a tabela abaixo.

x (m)	t (s)	t^2 (s ²)	a (m/s ²)	v (m/s)
Valor Médio				

- 03) Construa, em papel milimetrado, o gráfico do espaço percorrido em função do tempo.
 04) Qual a forma do gráfico obtido?
 05) Construa, em papel milimetrado, o gráfico da velocidade em função do tempo.
 06) Calcule a inclinação da reta. Qual o seu significado?